

Der normale Arsengehalt des menschlichen Körpers

Dargestellt unter besonderer Berücksichtigung der Literatur
der letzten zwölf Jahre

von
Gerhard Broda
aus
Mährisch-Ostrau



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546305_0022

Aus dem Institut für gerichtliche Medizin und Kriminalistik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. Dr. E. Weinig

Der normale Arsengehalt des menschlichen Körpers

Dargestellt unter besonderer Berücksichtigung der Literatur
der letzten zwölf Jahre

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Gerhard Broda

aus

Mährisch-Ostrau

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg.



Dekan:	Prof. Dr. A. Kröncke
Referent:	Priv.-Doz. Dr. Dr. Geldmacher-Mallinckrodt
Koreferent:	Prof. Dr. Dr. E. Weinig

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Febr. 1969

INHALT

I. EINLEITUNG	1
II. DIE PHYSIKALISCHEN GRUNDGESETZE	2
1. Die Mechanik	2
2. Die Optik	3
3. Die Akustik	4
4. Die Wärmelehre	5
5. Die Elektrizität	6
6. Die Magnetismus	7
7. Die Optik	8
8. Die Akustik	9
9. Die Wärmelehre	10
10. Die Elektrizität	11
11. Die Magnetismus	12
III. DIE ANWENDUNG DER PHYSIK	13
1. Die Astronomie	13
2. Die Meteorologie	14
3. Die Geologie	15
4. Die Biologie	16
5. Die Medizin	17
6. Die Technik	18
7. Die Kunst	19
8. Die Philosophie	20
9. Die Religion	21
10. Die Politik	22
11. Die Wirtschaft	23
12. Die Gesellschaft	24
13. Die Kultur	25
14. Die Wissenschaft	26
15. Die Kunst	27
16. Die Philosophie	28
17. Die Religion	29
18. Die Politik	30
19. Die Wirtschaft	31
20. Die Gesellschaft	32
21. Die Kultur	33
22. Die Wissenschaft	34
23. Die Kunst	35
24. Die Philosophie	36
25. Die Religion	37
26. Die Politik	38
27. Die Wirtschaft	39
28. Die Gesellschaft	40
29. Die Kultur	41
30. Die Wissenschaft	42
31. Die Kunst	43
32. Die Philosophie	44
33. Die Religion	45
34. Die Politik	46
35. Die Wirtschaft	47
36. Die Gesellschaft	48
37. Die Kultur	49
38. Die Wissenschaft	50
39. Die Kunst	51
40. Die Philosophie	52
41. Die Religion	53
42. Die Politik	54
43. Die Wirtschaft	55
44. Die Gesellschaft	56
45. Die Kultur	57
46. Die Wissenschaft	58
47. Die Kunst	59
48. Die Philosophie	60
49. Die Religion	61
50. Die Politik	62
51. Die Wirtschaft	63
52. Die Gesellschaft	64
53. Die Kultur	65
54. Die Wissenschaft	66
55. Die Kunst	67
56. Die Philosophie	68
57. Die Religion	69
58. Die Politik	70
59. Die Wirtschaft	71
60. Die Gesellschaft	72
61. Die Kultur	73
62. Die Wissenschaft	74
63. Die Kunst	75
64. Die Philosophie	76
65. Die Religion	77
66. Die Politik	78
67. Die Wirtschaft	79
68. Die Gesellschaft	80
69. Die Kultur	81
70. Die Wissenschaft	82
71. Die Kunst	83
72. Die Philosophie	84
73. Die Religion	85
74. Die Politik	86
75. Die Wirtschaft	87
76. Die Gesellschaft	88
77. Die Kultur	89
78. Die Wissenschaft	90
79. Die Kunst	91
80. Die Philosophie	92
81. Die Religion	93
82. Die Politik	94
83. Die Wirtschaft	95
84. Die Gesellschaft	96
85. Die Kultur	97
86. Die Wissenschaft	98
87. Die Kunst	99
88. Die Philosophie	100
89. Die Religion	101
90. Die Politik	102
91. Die Wirtschaft	103
92. Die Gesellschaft	104
93. Die Kultur	105
94. Die Wissenschaft	106
95. Die Kunst	107
96. Die Philosophie	108
97. Die Religion	109
98. Die Politik	110
99. Die Wirtschaft	111
100. Die Gesellschaft	112
101. Die Kultur	113
102. Die Wissenschaft	114
103. Die Kunst	115
104. Die Philosophie	116
105. Die Religion	117
106. Die Politik	118
107. Die Wirtschaft	119
108. Die Gesellschaft	120
109. Die Kultur	121
110. Die Wissenschaft	122
111. Die Kunst	123
112. Die Philosophie	124
113. Die Religion	125
114. Die Politik	126
115. Die Wirtschaft	127
116. Die Gesellschaft	128
117. Die Kultur	129
118. Die Wissenschaft	130
119. Die Kunst	131
120. Die Philosophie	132
121. Die Religion	133
122. Die Politik	134
123. Die Wirtschaft	135
124. Die Gesellschaft	136
125. Die Kultur	137
126. Die Wissenschaft	138
127. Die Kunst	139
128. Die Philosophie	140
129. Die Religion	141
130. Die Politik	142
131. Die Wirtschaft	143
132. Die Gesellschaft	144
133. Die Kultur	145
134. Die Wissenschaft	146
135. Die Kunst	147
136. Die Philosophie	148
137. Die Religion	149
138. Die Politik	150
139. Die Wirtschaft	151
140. Die Gesellschaft	152
141. Die Kultur	153
142. Die Wissenschaft	154
143. Die Kunst	155
144. Die Philosophie	156
145. Die Religion	157
146. Die Politik	158
147. Die Wirtschaft	159
148. Die Gesellschaft	160
149. Die Kultur	161
150. Die Wissenschaft	162
151. Die Kunst	163
152. Die Philosophie	164
153. Die Religion	165
154. Die Politik	166
155. Die Wirtschaft	167
156. Die Gesellschaft	168
157. Die Kultur	169
158. Die Wissenschaft	170
159. Die Kunst	171
160. Die Philosophie	172
161. Die Religion	173
162. Die Politik	174
163. Die Wirtschaft	175
164. Die Gesellschaft	176
165. Die Kultur	177
166. Die Wissenschaft	178
167. Die Kunst	179
168. Die Philosophie	180
169. Die Religion	181
170. Die Politik	182
171. Die Wirtschaft	183
172. Die Gesellschaft	184
173. Die Kultur	185
174. Die Wissenschaft	186
175. Die Kunst	187
176. Die Philosophie	188
177. Die Religion	189
178. Die Politik	190
179. Die Wirtschaft	191
180. Die Gesellschaft	192
181. Die Kultur	193
182. Die Wissenschaft	194
183. Die Kunst	195
184. Die Philosophie	196
185. Die Religion	197
186. Die Politik	198
187. Die Wirtschaft	199
188. Die Gesellschaft	200
189. Die Kultur	201
190. Die Wissenschaft	202
191. Die Kunst	203
192. Die Philosophie	204
193. Die Religion	205
194. Die Politik	206
195. Die Wirtschaft	207
196. Die Gesellschaft	208
197. Die Kultur	209
198. Die Wissenschaft	210
199. Die Kunst	211
200. Die Philosophie	212
201. Die Religion	213
202. Die Politik	214
203. Die Wirtschaft	215
204. Die Gesellschaft	216
205. Die Kultur	217
206. Die Wissenschaft	218
207. Die Kunst	219
208. Die Philosophie	220
209. Die Religion	221
210. Die Politik	222
211. Die Wirtschaft	223
212. Die Gesellschaft	224
213. Die Kultur	225
214. Die Wissenschaft	226
215. Die Kunst	227
216. Die Philosophie	228
217. Die Religion	229
218. Die Politik	230
219. Die Wirtschaft	231
220. Die Gesellschaft	232
221. Die Kultur	233
222. Die Wissenschaft	234
223. Die Kunst	235
224. Die Philosophie	236
225. Die Religion	237
226. Die Politik	238
227. Die Wirtschaft	239
228. Die Gesellschaft	240
229. Die Kultur	241
230. Die Wissenschaft	242
231. Die Kunst	243
232. Die Philosophie	244
233. Die Religion	245
234. Die Politik	246
235. Die Wirtschaft	247
236. Die Gesellschaft	248
237. Die Kultur	249
238. Die Wissenschaft	250
239. Die Kunst	251
240. Die Philosophie	252
241. Die Religion	253
242. Die Politik	254
243. Die Wirtschaft	255
244. Die Gesellschaft	256
245. Die Kultur	257
246. Die Wissenschaft	258
247. Die Kunst	259
248. Die Philosophie	260
249. Die Religion	261
250. Die Politik	262
251. Die Wirtschaft	263
252. Die Gesellschaft	264
253. Die Kultur	265
254. Die Wissenschaft	266
255. Die Kunst	267
256. Die Philosophie	268
257. Die Religion	269
258. Die Politik	270
259. Die Wirtschaft	271
260. Die Gesellschaft	272
261. Die Kultur	273
262. Die Wissenschaft	274
263. Die Kunst	275
264. Die Philosophie	276
265. Die Religion	277
266. Die Politik	278
267. Die Wirtschaft	279
268. Die Gesellschaft	280
269. Die Kultur	281
270. Die Wissenschaft	282
271. Die Kunst	283
272. Die Philosophie	284
273. Die Religion	285
274. Die Politik	286
275. Die Wirtschaft	287
276. Die Gesellschaft	288
277. Die Kultur	289
278. Die Wissenschaft	290
279. Die Kunst	291
280. Die Philosophie	292
281. Die Religion	293
282. Die Politik	294
283. Die Wirtschaft	295
284. Die Gesellschaft	296
285. Die Kultur	297
286. Die Wissenschaft	298
287. Die Kunst	299
288. Die Philosophie	300
289. Die Religion	301
290. Die Politik	302
291. Die Wirtschaft	303
292. Die Gesellschaft	304
293. Die Kultur	305
294. Die Wissenschaft	306
295. Die Kunst	307
296. Die Philosophie	308
297. Die Religion	309
298. Die Politik	310
299. Die Wirtschaft	311
300. Die Gesellschaft	312
301. Die Kultur	313
302. Die Wissenschaft	314
303. Die Kunst	315
304. Die Philosophie	316
305. Die Religion	317
306. Die Politik	318
307. Die Wirtschaft	319
308. Die Gesellschaft	320
309. Die Kultur	321
310. Die Wissenschaft	322
311. Die Kunst	323
312. Die Philosophie	324
313. Die Religion	325
314. Die Politik	326
315. Die Wirtschaft	327
316. Die Gesellschaft	328
317. Die Kultur	329
318. Die Wissenschaft	330
319. Die Kunst	331
320. Die Philosophie	332
321. Die Religion	333
322. Die Politik	334
323. Die Wirtschaft	335
324. Die Gesellschaft	336
325. Die Kultur	337
326. Die Wissenschaft	338
327. Die Kunst	339
328. Die Philosophie	340
329. Die Religion	341
330. Die Politik	342
331. Die Wirtschaft	343
332. Die Gesellschaft	344
333. Die Kultur	345
334. Die Wissenschaft	346
335. Die Kunst	347
336. Die Philosophie	348
337. Die Religion	349
338. Die Politik	350
339. Die Wirtschaft	351
340. Die Gesellschaft	352
341. Die Kultur	353
342. Die Wissenschaft	354
343. Die Kunst	355
344. Die Philosophie	356
345. Die Religion	357
346. Die Politik	358
347. Die Wirtschaft	359
348. Die Gesellschaft	360
349. Die Kultur	361
350. Die Wissenschaft	362
351. Die Kunst	363
352. Die Philosophie	364
353. Die Religion	365
354. Die Politik	366
355. Die Wirtschaft	367
356. Die Gesellschaft	368
357. Die Kultur	369
358. Die Wissenschaft	370
359. Die Kunst	371
360. Die Philosophie	372
361. Die Religion	373
362. Die Politik	374
363. Die Wirtschaft	375
364. Die Gesellschaft	376
365. Die Kultur	377
366. Die Wissenschaft	378
367. Die Kunst	379
368. Die Philosophie	380
369. Die Religion	381
370. Die Politik	382
371. Die Wirtschaft	383
372. Die Gesellschaft	384
373. Die Kultur	385
374. Die Wissenschaft	386
375. Die Kunst	387
376. Die Philosophie	388
377. Die Religion	389
378. Die Politik	390
379. Die Wirtschaft	391
380. Die Gesellschaft	392
381. Die Kultur	393
382. Die Wissenschaft	394
383. Die Kunst	395
384. Die Philosophie	396
385. Die Religion	397
386. Die Politik	398
387. Die Wirtschaft	399
388. Die Gesellschaft	400
389. Die Kultur	401
390. Die Wissenschaft	402
391. Die Kunst	403
392. Die Philosophie	404
393. Die Religion	405
394. Die Politik	406
395. Die Wirtschaft	407
396. Die Gesellschaft	408
397. Die Kultur	409
398. Die Wissenschaft	410
399. Die Kunst	411
400. Die Philosophie	412
401. Die Religion	413
402. Die Politik	414
403. Die Wirtschaft	415
404. Die Gesellschaft	416
405. Die Kultur	417
406. Die Wissenschaft	418
407. Die Kunst	419
408. Die Philosophie	420
409. Die Religion	421
410. Die Politik	422
411. Die Wirtschaft	423
412. Die Gesellschaft	424
413. Die Kultur	425
414. Die Wissenschaft	426
415. Die Kunst	427
416. Die Philosophie	428
417. Die Religion	429
418. Die Politik	430
419. Die Wirtschaft	431
420. Die Gesellschaft	432
421. Die Kultur	433
422. Die Wissenschaft	434
423. Die Kunst	435
424. Die Philosophie	436
425. Die Religion	437
426. Die Politik	438
427. Die Wirtschaft	439
428. Die Gesellschaft	440
429. Die Kultur	441
430. Die Wissenschaft	442
431. Die Kunst	443
432. Die Philosophie	444

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	5
II. PHYSIOLOGISCHER ARSENGEHALT IM MENSCHLICHEN ORGANISMUS	9
1. Normaler Gesamtarsengehalt des Körpers	9
2. Normaler Arsengehalt der einzelnen Organe, des Blutes, der Nägel und Haare	14
a) Normaler Arsengehalt in verschiedenen Organen	14
b) Normaler Arsengehalt des Kreislauf- und Menstruationsblutes	35
c) Normaler Arsengehalt in den Nägeln	40
d) Normaler Arsengehalt in den Haaren	44
3. Normaler Arsengehalt im Urin	58
4. Normaler Arsengehalt in den Faeces	65
5. Geschwindigkeit der Arsenausscheidung aus dem Körper	66
III. MÖGLICHKEITEN PHYSIOLOGISCHER ARSENZUFUHR	67
1. Allgemeines	67
2. Arsenzufuhr durch Nahrungsmittel	69
a) Arsen in Nahrungsmitteln tierischer Herkunft	69
b) Arsen in Nahrungsmitteln pflanzlicher Art	82
c) Arsen in Flüssigkeiten (Wasser, Genußmitteln)	90
3. Arsenwerte im Körper nach entsprechender Nahrungsaufnahme	95
4. Arsengehalt in der Luft (ausgenommen Industriegebiete)	100

5. Arsengehalt in Zigaretten und Tabaken	101
IV. DISKUSSION	110
V. ZUSAMMENFASSUNG	115
VI. LITERATURNACHWEIS	117

I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Der Name "Arsen" geht zurück auf das arabische Wort "az-zernikh". PEDANIOS DIOSCORIDES (ca. 50 A. D.), ein griechischer Physiker, verwandte diese Bezeichnung in seinem Werk "Materia Medica" für Arsen (SCHROEDER und BALASSA (1966)).

Arsen, das zwischen den Metallen und Metalloiden einzuordnen ist (BIANCHI (1960)), und seine Verbindungen sind in der belebten und unbelebten Natur ubiquitär verbreitet. Lange Zeit herrschte die Auffassung, Arsen sei kein natürlicher Bestandteil des menschlichen Körpers. Erst Ende des vergangenen Jahrhunderts traten Zweifel an dieser Theorie auf; das physiologische Vorkommen von Arsen und seinen Verbindungen im menschlichen Körper wurde viel diskutiert. Auf Grund verbesserter Untersuchungsmethoden ließ sich die weite Verbreitung dieses Elements feststellen und auch im menschlichen Organismus war es als Spurenelement unklarer Bedeutung nachweisbar, wenn auch in sehr geringen Mengen. (OBERSTE-LEHN und PRIBILLA (1956), COVELLO (1960)). Da Arsen und seine Verbindungen auch in Nahrungsmitteln wie Seefischen, Muscheln, Kochsalz oder Trinkwasser vorkommen, gelangt es dauernd in den menschlichen Organismus. LANG (1942) zählt es zu den Stoffen von vermutlicher Wichtigkeit für das menschliche Leben. JOANID (1961) meint, es sei eine bekannte Tatsache, daß Arsen ein normaler Bestandteil des tierischen und pflanzlichen Organismus ist. Diese Ansicht wird heute allgemein vertreten, wenn auch das Wort "normal" oder "physiologisch", manchmal in Anführungszeichen gesetzt wird, wie etwa bei COVELLO (1960) und BOYLEN u. a. (1967).

Möglichkeiten zur Arsenaufnahme in den menschlichen Körper gibt es sehr viele. An erster Stelle steht die bereits erwähnte Zufuhr durch Nahrungsmittel verschiedenster Art. In Abhängigkeit vom Arsengehalt

der aufgenommenen Nahrung ergeben sich oft erhebliche Schwankungen des physiologischen Arsenspiegels im menschlichen Organismus. Durch die Verschmutzung der Luft in Industriegebieten und durch die Verarbeitung arsenhaltiger Substanzen wie Eisenerze in Industriebetrieben kann es ebenfalls zur Anreicherung von Arsen und Arsenverbindungen im Körper kommen. Eine geringe Rolle spielt heute die früher weit verbreitete therapeutische Arsenzufuhr, da seit Bekanntwerden der cancerogenen Wirkung von Arsen und seinen Verbindungen nur noch selten arsenhaltige Medikamente verordnet werden (PETZOLDT (1966)).

Vom forensischen Standpunkt aus ist der physiologische Arsenspiegel und seine Abgrenzung gegen Werte bei Arsenvergiftungen von besonderem Interesse. Seine Schwankungen sind weitgehend abhängig von der Nahrung, vom Milieu und den jeweiligen Lebensbedingungen (ARNOLD (1967)).

In der vorliegenden Arbeit wird der Versuch unternommen, den physiologischen Arsengehalt des menschlichen Organismus nach den Angaben der verschiedensten Autoren vergleichend zusammenzustellen, seine Schwankungen aufzuzeigen und die mannigfachen Möglichkeiten darzulegen, die zu einer Erhöhung des Arsenspiegels im Körper führen können. Dabei lassen sich die gefundenen Werte nicht kritiklos vergleichen, da die verschiedenen Autoren unterschiedliche analytische Methoden angewandt haben. Daher ist die Methodik, soweit sie bekannt ist, im folgenden immer mit angegeben.

Die wichtigsten Bestimmungsmethoden sind:

a) Reinsch'sche Methode

Das in Salzsäure gelöste Arsen wird dabei auf Kupfer als grauer

Belag quantitativ niedergeschlagen. Das Kupferblech mit dem grauen Belag wird in einem engen Glasröhrchen trocken erhitzt. Arsen verflüchtigt sich dabei und schlägt sich an den kalten Stellen des Röhrchens als As oder As_2O_3 in regulären Oktaedern nieder (HILDEBRANDT (1912), REUTER u. a. (1938), BUCHANAN (1962)).

Diese Methode wurde, teils modifiziert, angewendet von: COPEMAN und BODENSTEIN (1955).

b) Marsh'sche Probe

Sie beruht auf der Bildung von Arsenwasserstoff durch naszierenden Wasserstoff und auf der thermischen Zersetzung des entstandenen Arsenwasserstoffes, wobei es zur Abscheidung eines Arsen spiegels kommt (REUTER u. a. (1938), BUCHANAN (1962)).

c) Gutzeit-Methode

Sie ist eine Farbfleckmethode, bei der Arsen in Arsenwasserstoff übergeführt wird und auf Grund seiner Farbreaktion mit Silbernitrat oder Quecksilberchlorid erkennbar und quantitativ bestimmbar ist. Diese Methode wurde vielfach modifiziert und von vielen Autoren angewendet, so von COPEMAN und BODENSTEIN (1955), HEYMANN u. a. (1956), OBERSTE-LEHN u. a. (1956).

d) Molybdänblau-Methode

Hierbei wird Arsenwasserstoff mit Ammoniummolybdat in Verbindung gebracht. Es kommt zu einer Farbreaktion, die colorimetrisch ausgewertet wird.

Nach dieser Methode oder einer ihrer Modifikationen haben gearbeitet: GERIN (1956), RENGEI (1959), JOANID u. a. (1961), CANFORA (1962).

e) Methode nach VASAK und SEDIVEC

Sie beruht darauf, daß Arsenwasserstoff mit Silberdiäthylthiocarbamat in Pyridinlösung einen weinroten Farbkomplex ergibt, dessen Intensität colorimetrisch ausgewertet wird.

Diese Methode wurde angewendet von: BAILEY (1956), BIANCHI (1961), MASEK u. a. (1965), ARNOLD (1967).

f) Neutronen-Aktivierungsanalyse

Die zu untersuchende Substanz wird bei dieser Methode radioaktiv gemacht und anschließend ihre Aktivität gemessen. Mit den üblichen Methoden muß dabei aber nachgewiesen werden, daß es sich bei der radioaktiven Substanz auch tatsächlich um Arsen handelt.

Mit dieser Methode arbeiteten DEWAR und LENIHAN (1956), SCOTT (1958), DOMONKOS (1959), FERGUSON u. a. (1960), SMITH (1962, 1964).

II. PHYSIOLOGISCHER ARSENGEHALT IM MENSCHLICHEN ORGANISMUS

1. Normaler Gesamtarsengehalt des Körpers

Die Gesamtmenge des Arsens im menschlichen Organismus wird immer auf Grund der Mengen bestimmt, die in einzelnen Organproben gefunden werden. Dabei weist aber GERIN (1956) ausdrücklich darauf hin, daß die Analyse in den einzelnen Organen immer getrennt vor sich gehen soll und daß man sich bei der Gesamtberechnung des Arsens nur auf die Eingeweide, Organflüssigkeiten und Gewebe beziehen darf, die wirklich chemisch-toxikologisch untersucht worden sind. Außerdem hält es der Autor für das Beste, bei den Untersuchungen nur mit Trockensubstanz zu arbeiten. Das Verfahren, den Arsengehalt nur bei den wichtigsten Eingeweiden zu bestimmen und mit der erhaltenen mittleren Prozentzahl und dem angenommenen Körpergewicht den Gesamtgehalt an Arsen im Körper zu ermitteln, lehnt er vollkommen ab.

Arsen wird nach MOESCHLIN (1965) bevorzugt im reticuloendothelialen System der Milz und Leber, ferner in den Knochen, dann in der Haut und deren Anhangsgebilden, das heißt in den Haaren und Nägeln, gespeichert. GERIN (1956) zeigt nun, welcher Irrtum entstehen kann, wenn man die in einzelnen Organen gefundenen Werte in Beziehung zum gesamten Körper setzt. Er weist darauf hin, daß das Gesamtgewicht der meistens untersuchten Organe (Gehirn, Herz, Lungen, Leber, Milz, Nieren, Magen- und Darmkanal und Inhalt, Haare und Nägel) etwa 6 kg beträgt, die Knochen dagegen etwa 10 kg, das Blut etwa 5 kg und die Muskeln rund 30 kg wiegen.

GERIN und Mitarbeiter (1956) haben mit der Molybdänblau-Methode bei 25 Leichen von Personen, die eines gewaltsamen Todes - nähere An-

gaben sind nicht gemacht - gestorben sind, die Arsenmenge bei den einzelnen Organen bestimmt - darauf wird später genauer eingegangen - und dann nach den von ihm aufgestellten Richtlinien den Gesamtgehalt an Arsen im Körper errechnet.

Vorgang: Bei den einzelnen Organen wie Knochen, Muskeln, Haut, Blut und Haaren wurde der Mittelwert an Arsen bestimmt. Dann wurde der gesamte Arsengehalt dieser einzelnen Organe errechnet und addiert, dazu noch der Arsengehalt im Magen-Darmtrakt. Auf diese Weise wurde versucht, den ungefähren gesamten Arsengehalt im Körper zu ermitteln.

Die von GERIN angegebenen Werte beziehen sich auf reines Arsen, also As.

Die Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse für jeden einzelnen Fall. Die erste Ziffer bedeutet dabei den Gesamtwert, die erste Zahl (tatsächliche) in der Klammer bezieht sich auf die gewogenen Organe, die zweite (angenommene) auf die Körperteile, deren Mittelwert verwendet wurde.

Tabelle 1: Normaler Gesamtarsengehalt (As) im Körper in 25 Fällen
(As in γ)

Fall 1	258,2	(63,9 + 194,3)
Fall 2	975,7	(29,0 + 946,7)
Fall 3	92,9	(83,6 + 9,3)
Fall 4	57,9	(36,5 + 21,4)
Fall 5	32,2	(21,2 + 11,0)
Fall 6	1038,6	(96,9 + 941,7)
Fall 7	1571,9	(93,4 + 1478,5)
Fall 8	865,3	(69,4 + 795,9)
Fall 9	301,6	(56,3 + 245,3)
Fall 10	272,5	(189,8 + 82,7)
Fall 11	608,2	(41,3 + 566,9)
Fall 12	49,3	(34,8 + 14,5)
Fall 13	77,8	(13,8 + 64,0)
Fall 14	4483,6	(548,3 + 3935,3)
Fall 15	2505,5	(210,7 + 2294,8)
Fall 16	34,5	(25,9 + 8,6)
Fall 17	965,2	(143,8 + 821,4)
Fall 18	1441,1	(134,9 + 1306,2)
Fall 19	24,7	(17,1 + 7,6)
Fall 20	2935,7	(152,3 + 2783,4)
Fall 21	2053,7	(209,6 + 1844,1)
Fall 22	48,4	(48,4 + 0,0)
Fall 23	528,1	(38,7 + 489,4)
Fall 24	48,8	(38,4 + 10,4)
Fall 25	1768,9	(200,7 + 1568,2)

Es fällt der hohe Wert bei Fall 14 auf. Aufgrund eingehender Nachforschungen wurde jedoch festgestellt, daß es sich dabei um einen Lackierer handelte, der seit 15 Jahren mit Lacken gearbeitet hat, die teilweise auch arsenhaltig sind. Daher kann dieser Fall zur Bestimmung des normalen Arsengehaltes im menschlichen Organismus nicht herangezogen werden. GERIN (1956) nimmt immer nur die gefundenen Maximalwerte als Maßstab, nicht die Mittelwerte. Dabei geht er von der Überlegung aus, daß bis zu den Maximalwerten hin verschiedene Faktoren den momentanen Arsengehalt beeinflussen können, während erst Werte darüber nicht mehr als normal bezeichnet werden können. Hier muß dann nach der Ursache geforscht werden.

Demnach ist bei diesen 25 Fällen der höchste angenommene Wert von totalem Arsengehalt des Körpers bei 2,93 mg (Fall Nr. 20).

Addiert man jedoch die maximalen Werte des Gesamtarsens der einzelnen Organe bei verschiedenen Menschen, so erhält man 3,4720 mg. Diesen Wert gibt GERIN (1956) als den theoretisch maximalen Gesamtgehalt an physiologischem Arsen im Körper an.

KOHN-ABREST (1925) betrachtet einen Arsengehalt bis zu 1 mg in der Gesamtheit der Eingeweide als normal; einen Gehalt über 10 mg führt er auf toxischen Ursprung zurück. COVELLO (1960) hält ebenfalls Werte bis zu 1 mg in der Gesamtheit der Eingeweide für normal. Nach STEINBRÜCK (1938) soll der mittlere Arsengehalt im Organismus nicht 30 $\gamma\%$ As überschreiten. Dabei ist aber nicht erwähnt, ob sich dieser Wert auf die Eingeweide oder den Gesamtorganismus bezieht.

FABRE (1945), der sich auf die Gesamtheit der Eingeweide bezieht, glaubt, daß Arsenmengen über 2,5 $\gamma\%$ As als nicht normal zu betrach-

ten sind.

GERIN (1956) zitiert in diesem Zusammenhang ADAMO, nach dessen Ansicht nur Mengen über 15 mg beim Erwachsenen mit mittlerem Körpergewicht von toxikologischem Wert seien, wenn man andere Kriterien für die Vergiftungsdiagnose ergänzt.

Auf der Suche nach einem schnellen und exakten Weg zum Nachweis einer Arsenvergiftung für forensische Zwecke beziehen sich die meisten Forscher auf den Arsengehalt der Eingeweide. GRIFFON (1951) schlägt vor, im Falle einer forensischen Untersuchung erst das hepatische Arsen festzustellen. Ist dabei der quantitative Wert größer als 100 $\gamma\%$ dieses Organs, so sollte man die Untersuchung auch auf andere Organe ausdehnen.

Die Tabelle 2 bringt eine Zusammenfassung der bisher genannten Werte:

Tabelle 2: Normaler Gesamtersengehalt (As) im menschlichen Körper

Autor	Jahr der Veröffentlichung	Arsengehalt
KOHN-ABREST	1925	1 mg *
STEINBRÜCK	1938	30 $\gamma\%$
FABRE	1945	2,5 $\mu\%$ *
ADAMO		unter 15 mg
GERIN	1956	3,472 mg
COVELLO	1960	1 mg *

* bezogen auf die Gesamtheit der Eingeweide

2. Normaler Arsengehalt der einzelnen Organe, des Blutes, der Nägel und Haare

a) Normaler Arsengehalt in verschiedenen Organen

LANG (1949) gibt als normalen Arsengehalt (As) in den Organen folgende Werte an (Tabelle 3):

Tabelle 3: Der normale Arsengehalt in verschiedenen Organen
(As in $\gamma\%$)

Niere	14 - 27
Herz	18 - 32
Gehirn	12 - 18
Leber	12 - 32
Lunge	20 - 25
Muskel	14 - 26
Knochen	12 - 17
Darm	11 - 15
Blutplasma	60

Diese Werte sind in einer Arbeit von GRAMER (1954) zitiert, nähere Angaben über die Zahl der untersuchten Personen, ihre Todesursache oder über die angewandte Bestimmungsmethode sind nicht gemacht.

COPEMAN und BODENSTEIN (1955) haben den Arsengehalt verschiedener Organe von Menschen bestimmt, die unter normalen Bedingungen im südafrikanischen Raum lebten. Tabelle 4 gibt einen Auszug der Tabelle der Autoren wieder.

Tabelle 4: Arsen in verschiedenen Organen (As in $\mu\%$)

Material	As ($\mu\%$)
Leber	15,2 - 30,3
Nieren	15,2 - 30,3
Knochen	15,2
Blut	15,2 - 30,3
Haar	227,3 - 378,8
Nägel	227,3 - 378,8
Urin	11,4

Zum qualitativen Arsennachweis wurde die Methode von REINSCH, zur quantitativen Arsenbestimmung die Methode von GREEN (1918) bzw. GUTZEIT (1879) verwendet.

GERIN und Mitarbeiter (1956) haben in sehr detaillierter Arbeit den Arsengehalt der einzelnen Organe bei 25 Leichen (gewaltsame Todesursache - keine Vergiftungen) mit Hilfe der Molybdänblau-Methode bestimmt. Die Untersuchungen umfaßten dabei folgende Organe: Gehirn, Schilddrüse, Herz, Lungen, Magen, Darm, Leber, Pankreas, Milz, Nieren und Blase; (das Gewicht wurde bei der Entnahme bestimmt). Außerdem wurden untersucht: Magen- und Darminhalt, Blut; je ein Teil des Psoas und Biceps brachialis, ein Teil des Schienbeins und der Rippe, sowie der Hirnkapsel, etwas antero-superiore Haut des Schenkels und der 2. interscapularen Zone; ein Teil der Haare, die nur in fünf Fällen im distalen und proximalen Bereich einen unterschiedlichen Wert zeigten, Nägel, wenn möglich auch Urin. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengestellt, die Angaben erfolgen in $\mu\%$ für Frischsubstanz:

Tabelle 51. Asengehalt (As) einzelner Organe in $\gamma\%$ (Frischaubstanz)

Fall	Alter (Jahre)	Geschlecht	Gehirn	Herz	Lunge	Schilddrüse	Pankreas	Leber	Milz	Magen	Darm	Nieren	Blase	Haut	Muskeln	Blut	Knochen	Nagel	Haare		Mageninhalt	Darminhalt	Urin
																			Proximaler Teil	Distaler Teil			
1	47	♀	*	*	1,0	*	1,2	1,8	*	*	2,0	*	1,5	1,8	*	*	*	*	109,7	-	2,0	5,8	11,1
2	72	♀	*	*	*	*	*	*	*	*	2,4	*	1,8	2,6	2,2	*	*	*	169,7	79,2	-	2,8	-
3	57	♀	*	*	*	*	*	2,0	1,2	1,8	2,0	1,8	2,0	*	*	*	*	*	39,2	-	-	2,5	-
4	50	♀	*	*	*	*	*	*	-	*	2,5	*	*	*	*	*	*	*	15,0	9,0	*	4,0	3,0
5	77	♀	*	*	*	*	*	1,9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	18,0	12,0	2,0	*
6	71	♀	1,6	*	*	2,3	2,0	2,6	1,2	*	1,2	*	*	*	*	*	9,3	23,0	-	-	3,0	-	
7	25	♀	*	1,0	1,2	2,7	-	4,4	1,2	*	*	*	2,1	*	*	*	14,5	54,0	33,0	1,2	3,9	2,5	
8	77	♀	2,0	*	*	*	3,3	1,8	*	*	1,1	1,4	*	*	*	*	7,8	10,0	9,0	3,2	*	-	
9	20	♀	*	1,2	*	*	2,1	2,5	1,5	*	1,3	1,0	*	2,4	*	1,0	*	42,0	-	-	-	2,0	
10	49	♀	*	*	*	2,5	2,2	9,2	1,0	*	*	*	1,9	-	*	1,2	5,5	20,0	24,0	*	2,4	*	
11	42	♀	*	*	1,0	*	*	2,1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	19,0	22,0	2,4	1,4	1,4	
12	38	♀	*	*	*	*	3,2	2,0	1,5	*	*	*	2,2	*	*	*	*	-	-	1,2	1,6	-	
13	3	♀	*	*	*	*	*	1,8	*	1,5	1,0	*	*	*	*	1,2	*	-	-	-	1,6	-	
14	52	♀	2,0	1,8	*	*	1,9	32,8	4,5	6,6	11,0	2,0	2,4	25,3	3,5	6,8	5,1	50,1	15,0	2,0	2,1	-	
15	32	♀	*	1,8	8,5	2,6	*	5,5	2,3	3,1	3,0	1,2	3,9	3,5	2,1	3,0	12,0	*	41,2	2,1	4,4	-	
16	35	♀	*	*	*	*	*	2,0	-	*	*	*	1,5	*	*	*	*	*	18,0	*	1,4	-	
17	59	♀	*	*	*	1,7	1,6	3,7	1,4	1,3	2,8	1,9	4,9	1,8	*	*	6,5	*	-	1,1	2,8	1,1	
18	56	♀	2,4	2,0	*	1,8	3,8	4,1	2,4	1,2	2,5	1,4	*	*	2,2	1,4	5,5	57,0	38,0	*	1,8	1,4	
19	20	♀	*	*	*	*	*	1,3	*	*	*	1,0	*	*	*	*	15,8	24,4	19,0	-	-	-	
20	40	♀	2,1	*	2,0	*	4,0	4,0	1,9	3,8	2,7	2,0	6,1	3,4	2,6	2,8	8,8	24,4	-	-	4,4	-	
21	30	♀	2,4	2,4	2,2	3,4	2,8	2,5	*	3,1	5,8	1,4	1,6	3,0	2,4	*	35,0	35,0	-	4,2	*	*	
22	62	♀	*	*	*	*	*	*	*	*	1,5	1,0	*	*	*	*	4,8	49,2	-	-	*	*	*
23	29	♀	*	*	*	3,5	2,1	*	*	*	1,8	1,6	*	*	*	*	-	15,9	-	-	-	1,6	
24	29	♀	*	*	*	*	*	1,1	*	*	1,2	*	*	*	*	*	-	26,0	-	-	*	*	*
25	21	♀	2,2	1,8	1,6	5,5	2,5	5,4	2,1	2,4	2,4	3,4	4,1	5,1	*	4,6	9,5	75,0	37,5	-	7,0	-	

*) Das Sternchen gibt an, daß man bei der spektrophotometrischen Messung Werte unter 0,5 $\gamma\%$ erhielt

Der Fall 14 scheidet, wie schon früher erwähnt, für die Beurteilung des physiologischen Arsengehaltes im Organismus aus.

Ordnet man die Organe nach ihrer Arsenkonzentration, wobei nicht Mittelwerte, sondern die Maximalwerte eingesetzt werden, so ergibt sich diese Reihenfolge:

Tabelle 6: Maximaler Arsengehalt einzelner Organe (As in $\mu\%$)

Material	Maximal gefundener Wert (As)	Fall Nr.
Haare	192,3 (Proxim. Teil)	2
Nägel	169,7	2
Knochen	15,8	20
Urin	11,1	1
Leber	9,2	10
Lungen	8,5	15
Darminhalt	7,0	25
Blase	6,1	20
Darm	5,8	21
Schilddrüse	5,5	25,
Haut	5,1	25
Blut	4,6	25
Mageninhalt	4,2	21
Pankreas	4,0	20
Magen	3,8	20
Nieren	3,4	25
Muskeln	2,6	20
Milz	2,4	18
Gehirn	2,4	18/21
Herz	2,4	21

Haare mit 192,3 $\mu\%$ und Nägel mit 169,7 $\mu\%$ enthalten also prozentual am meisten Arsen; bei den anderen Organen sind die prozentualen Werte viel niedriger. Bei den Eingeweiden liegen Leber (9,2 $\mu\%$), Lunge (8,5 $\mu\%$) und Blase (6,1 $\mu\%$) an der Spitze.

Auffallend ist, daß sich die angegebenen Maximalwerte auf nur 8 von insgesamt 25 Leichen aufteilen.

Rechnet man dagegen diese prozentualen Werte um auf das Gesamtgewicht des Systemes, Gewebes, der Eingeweide oder der untersuchten Flüssigkeit - berechnet man also den Gesamtarsengehalt des Organs - so ergibt sich folgendes Bild, geordnet nach fallendem Arsengehalt.

Tabelle 7: Gesamtarsengehalt einzelner Organe (As in mg)

Material	Maximalwert an Gesamtarsen	Fall Nr.
Knochen	1,5800	20
Muskeln	0,7800	20
Haut	0,4080	25
Blut	0,1800	25
Leber	0,1656	10
Lungen	0,0867	15
Darm	0,0812	21
Haare	0,0544	2
Gehirn	0,0367	21
Darminhalt	0,0197	17
Mageninhalt	0,0121	8
Nägel	0,0112	2
Nieren	0,0102	25
Herz	0,0096	18
Blase	0,0091	20
Urin	0,0083	1
Milz	0,0066	6
Magen	0,0062	21
Pankreas	0,0037	25
Schilddrüse	0,0027	21

Auch hier sind wieder nur die Maximalwerte angegeben. In den Knochen und Muskeln wird also das meiste Arsen gespeichert.

Die Tabelle 8 zeigt den Gesamtgehalt an Arsen in den einzelnen Organen bei den 25 untersuchten Fällen.

Tabelle 81 Gesamtgehalt an Aminen in den einzelnen Organen, Geweben und Körperflüssigkeiten (As in μ)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Leber	-	-	-	-	-	22,7	-	23,7	-	-	-	-	-	32,8	13,0	-	-	31,6	-	23,9	36,7	-	-	-	36,3
Leber	-	-	-	-	-	3,5	-	-	4,4	-	-	-	-	8,1	5,4	-	-	9,6	-	-	7,4	-	-	-	5,8
Leber	12,0	-	-	-	-	8,5	-	-	-	-	13,2	-	-	-	86,7	-	-	-	-	23,8	27,7	-	-	-	16,3
Blutdrüse	-	-	-	-	-	0,8	1,3	-	-	0,7	-	-	-	-	0,7	-	0,6	0,8	-	-	-	2,7	0,7	-	1,6
Knochen	0,6	-	-	-	-	2,0	-	2,8	3,1	3,5	-	1,6	-	2,4	-	-	2,4	2,2	-	2,8	3,6	-	2,5	-	3,7
Herz	23,5	-	47,6	-	21,2	45,8	72,6	26,1	43,0	165,6	28,1	29,0	8,6	387,0	66,0	25,2	57,3	87,4	14,3	41,6	38,7	-	-	20,4	81,0
2	-	-	3,4	-	-	6,6	2,1	-	2,7	1,4	-	1,6	-	4,5	3,4	-	1,2	4,8	-	1,9	-	-	-	-	4,2
3	-	-	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	17,1	4,9	-	3,3	1,8	-	5,7	6,2	-	-	-	4,8
4	26,6	27,6	16,0	36,5	-	18,0	-	16,8	-	16,9	-	-	4,0	88,0	24,0	-	64,4	22,5	-	35,1	81,2	46,5	30,6	18,0	33,6
5	-	-	8,1	-	-	-	4,2	-	3,1	-	-	-	-	6,0	3,1	-	7,3	4,3	2,8	8,4	4,2	1,9	4,9	-	10,2
6	1,2	1,4	3,0	-	-	-	1,2	-	-	1,7	-	2,6	0,5	2,4	3,5	0,7	7,3	-	-	9,1	1,2	-	-	-	3,2
7	144,0	208,6	-	-	-	-	-	-	192,0	-	-	-	-	2024,0	280,0	-	144,0	-	-	280,0	240,0	-	-	-	408,0
8	-	660,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1050,0	630,0	-	-	660,0	-	780,0	720,0	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	50,0	60,0	-	-	60,0	340,0	150,0	-	-	70,0	-	140,0	-	-	-	-	180,0
10	-	-	-	-	-	930,0	1450	780,0	-	-	550,0	-	-	510,0	1200,0	-	650,0	550,0	-	1580,0	880,0	-	480,0	-	950,0
11	1,8	11,2	2,3	-	-	1,2	-	-	1,9	1,2	1,3	1,0	-	1,6	-	-	-	2,6	-	1,2	1,2	-	1,9	-	1,2
12	-	54,4	-	4,8	6,0	-	17,4	3,8	-	7,2	9,3	9,8	-	6,0	16,4	7,2	-	15,2	7,6	-	-	-	6,3	10,4	15,0
13	2,5	-	-	-	-	-	4,8	12,1	-	5,5	-	0,7	2,4	0,6	5,2	-	5,5	-	-	-	2,9	-	-	-	-
14	37,7	13,1	7,0	16,0	5,0	10,5	5,8	-	-	6,4	6,0	2,6	1,6	3,1	13,2	1,4	19,7	7,2	-	2,2	-	-	-	-	14,0
15	8,3	-	-	0,6	-	-	0,5	-	1,4	2,4	-	1,4	-	-	-	-	2,2	1,2	-	-	-	-	1,2	-	-

OBERSTE-LEHN und PRIBILLA (1956) haben bei 36 Leichen, bei denen eine Arsenexposition nicht bekannt war, die Haut auf ihren Arsengehalt hin untersucht. In 9 Fällen konnten sie Arsen nachweisen, die Werte schwankten zwischen 5,7 $\mu\%$ As und 55 $\mu\%$ (im letzten Fall vermuteten sie eine unbekannte frühere Arsenexposition). Läßt man den Wert von 55 $\mu\%$ As deswegen aus, so ergibt sich ein Mittelwert von 12,7 $\mu\%$ As. Der Nachweis erfolgte mit einer von SEIFFERT und BROSSMER (1952) angegebenen Testflecken-Methode, die eine Modifikation des von GUTZEIT (1879) angegebenen Prinzips darstellt.

BAILEY (1956) untersuchte die menschlichen Lungen und die tracheo-bronchialen Lymphknoten auf ihren Gehalt an Arsen. Ihm standen insgesamt 23 Fälle von Erwachsenen beiderlei Geschlechts im Alter von 26 bis 87 Jahren zur Verfügung. Lungenerkrankungen im analysierten Material waren nicht bekannt. Die gefundenen Werte sind in Tabelle 13 wiedergegeben. Die Bestimmung der Werte erfolgte colorimetrisch auf Grund der Farbreaktion zwischen AsH_3 und Silberdiäthylthiocarbamat, gelöst in Pyridin; die Werte (bei Feuchtgewicht) beziehen sich auf Trockensubstanz; getrocknet im Wasserbad.

Tabelle 9: Der Arsengehalt in Lungen und tracheobronchialen Lymphknoten (As in $\gamma\%$)

Fall	Alter	Arsengehalt Lymphknoten (Feuchtgewicht)	Arsengehalt Lungen (Trockenpulver)
(Frauen)			
1	63	13,4	-
2	56	9,3	-
3	73	11,7	-
4	59	25,8	-
10	62	11,1	41,7
11	46	0,0	12,9
12	73	12,3	18,2
13	26	29,1	24,2
14	54	10,6	15,1
15	66	4,7	13,6
Mittelwert		12,8	21,2
(Männer)			
16	66	44,2	40,9
17	71	12,0	34,1
18	66	6,0	14,4
19	35	10,6	42,4
20	69	9,1	22,0
21	59	6,5	19,7
22	73	3,4	19,0
23	77	2,4	11,4
24	67	9,5	-
Mittelwert		11,5	25,8

Fall	Alter	Arsengehalt Lymphknoten	Arsengehalt Lungengewebe	
			Probe I	Probe II
	(Männer)			
6	87	8,6	9,5	5,1
7	78	17,0	1,8	6,7
8	71	34,5	4,5	15,8
9	67	10,5	11,1	6,5
Mittelwert (alle Männer)		13,4		
Mittelwert von 23 Fällen (Männer und Frauen)		13,1		

Es zeigt sich, daß der Arsengehalt in den Lymphknoten sehr gering ist (der höchste Gesamtwert betrug 2,6 μ As), aber hoch im Vergleich zu dem geringen Betrag in Lungen. Der Mittelwert liegt bei 13,1 μ % As; der Gesamtgehalt an Arsen in den Lungen ist ungefähr 34 mal höher als in den Lymphknoten (Mittelwert von beiden Geschlechtern). Auffallend ist auch der weit höhere Gesamtbetrag an Arsen in den männlichen Lungen im Vergleich zu den weiblichen (64 : 28). Man kann dieses Phänomen vergleichen mit den Ergebnissen, zu denen FAZEKAS und RENGEI (1960) und SMITH (1962) in ihren Untersuchungen über den normalen Arsengehalt in den Haaren gelangt sind. Auch hier zeigten sich jeweils die größeren Werte im Männerhaar. Man kann dies auf das unterschiedliche, durchschnittliche Körpergewicht beider Geschlechter (im Falle der Lungen - BAILEY (1956)) und auf Faktoren wie Rauchen und industrielle Exposition (in allen genannten Fällen) zurückführen.

Der Arbeit von BAILEY (1956) ist der folgende Beitrag von SULA und ZELENKOVA (1955) zu demselben Problem entnommen.

Diese beiden Autoren berichten über Bestimmungen von Arsen in menschlichen Lungen, Leber, Milz und Nieren und in den Bronchiallymphknoten, und zwar auch anthrakotischen Lymphknoten. Der Grad der Anthrakose wird in der Tabelle 10 mit angegeben, wobei betont wird, daß die Anthrakose auf Stadtluft und nicht auf Arbeit im Bergbau zurückzuführen sei.

Tabelle 10: Der Arsengehalt von Lungen, Bronchiallymphknoten und anderen Organen (As in $\mu\%$, bezogen auf Frischgewebe)

Fall	Lymphknoten	Grad der Anthrakose	Lungen	Leber	Milz	Nieren
1	314,6	sehr stark	5,0	-	5,0	-
2	61,9	stark	2,4	6,4	4,9	-
3	52,9	stark	4,7	4,7	4,5	3,3
4	36,6	mittel	-	-	-	-
5	35,8	mittel	5,1	4,3	4,7	-
6	22,2	leicht	-	-	-	-
7	17,2	leicht	6,8	12,0	-	-
8	16,6	leicht	-	4,5	4,2	5,1
9	16,4	leicht	9,0	4,3	7,9	5,1
10	10,9	-	3,3	7,4	2,6	6,2
Mittelwert	58,5	-	5,2	6,3	4,8	5,0
Mittelwert der Lymphknoten ohne Falle 1: 30,1						

Je anthrakotischer die Lunge und die Bronchiallymphknoten sind, desto höher ist der Arsengehalt.

Auffallend ist im Vergleich mit der Tabelle von BAILEY (1956) der

mehr als doppelt so hohe mittlere Arsengehalt in frischen Lymphknoten (30,1 μ As im Vergleich zu 13,1 μ As - BAILEY (1956)).

Nicht angegeben ist, warum der Fall 1 einen so hohen Wert in den Lymphknoten zeigt (der deshalb zur Mittelwertberechnung ausgeschlossen wurde), ferner die Methode, nach der diese Daten gewonnen wurden. Ebenso ist das Alter der untersuchten Personen nicht genannt.

RENKEI (1959) gibt den Arsengehalt der einzelnen menschlichen Organe wie folgt an:

Tabelle 11: Arsengehalt normaler menschlicher Organe (Arsen in μ %, bezogen auf Frischgewebe)

	Erwachsene	Neugeborene
Leber	11	6
Niere	10,5	7,8
Milz	8,7	-
Herz	10	4,8
Lunge	9,5	-
Gehirn	11	-
Knochen	8,8	-
Haut	9,7	-
Haar	9,8	-
Nagel	17	-
Blut	8,3	-
Urin (tägliche Menge)	10,4	-

Er erwähnt dabei aber nicht, ob es sich bei den Werten um reines Arsen (As) oder um eine Arsenverbindung, wie As_2O_3 , handelt. An-

gaben über die Anzahl der untersuchten Personen, ihre Todesursache und dergleichen sind ebenfalls nicht gemacht. Die Bestimmung der Werte erfolgte nach einer von dem Autor angegebenen Methode, die darauf beruht, daß die bei der Reaktion zwischen Arsenwasserstoff und Ammoniummolybdat entstehende blaue Farbe kolorimetrisch ausgewertet wird. Es handelt sich also um eine Modifikation der Molybdänblau-Methode.

COVELLO (1960) hat folgende Tabelle über den normalen Arsengehalt (As) in Eingeweiden, Geweben und Körperflüssigkeiten nach Literaturangaben zusammengestellt:

Tabelle 12: Normaler Arsengehalt der Eingeweide (As in $\mu\%$, bezogen auf Frischgewebe)

untersuchtes Material	Keilholz (1922)	Billeter u. Marfurt (1923)	Hansen u. Moller (1948)	Kingsley u. Schaffert (1951)
Gehirn	-	10,6	-	2,8
Herz	-	9,9	-	2,9
Milz	6,6	8,75	-	-
Muskeln	-	-	-	4,2
Nieren	-	10,6	1 - 10	3
Blut	-	8,3	2	-
Haut	-	0,7	-	-
Schilddrüse	-	13,1	-	-
Lungen	-	9,5	-	2,6
Leber	2,2 - 14,2	11,1	1 - 10	3,25
Urin	1,7 - 3,5	-	-	-
Knochen	-	8,75	-	-
Nägel	-	17,2	-	-

Die angegebenen Werte sind jeweils Mittelwerte.

VALLEE u. a. (1960) haben Angaben über den normalen Arsengehalt von Geweben und Flüssigkeiten des Menschen veröffentlicht, wobei sie sich auf Literaturangaben stützten. Ihre Zusammenstellung ist hier in etwas abgeänderter Form übernommen. Es ist nicht erwähnt, ob es sich dabei um reines Arsen oder eine Arsenverbindung wie As_2O_3 handelt.

Tabelle 13: Normaler Arsengehalt von Geweben und Flüssigkeiten des Menschen (Arsen in $\mu\%$)

Gewebe oder Flüssigkeit	Arsengehalt	Autoren
Gesamtorganismus	20 - 30 $\mu\%$	Bamfort (1951); Monier-Williams (1949)
Urin	0,3 - 15 $\mu\%$	Pinto und Mc Gill (1953); Monier-Williams (1949); Seifert (1954)
	12 - 260 /24 Std.	Manzario und Tello (1956); Heyman u. a. (1956); Mattice und Weisman (1937)
Blut	60 - 64 $\mu\%$	Monier-Williams (1949); Guthman und Grass (1932)
	10 $\mu\%$	Seifert (1954); Seki (1951)
	1 $\mu\%$	Thoma u. a. (1955)
Haar	3,6 - 88 $\mu\%$	Underwood (1956); Monier-Williams (1949); Seifert (1954); Camp und Gant (1949)
Nägel	150 - 400 $\mu\%$	Underwood (1956); Monier-Williams (1949)
	8,7 - 63 $\mu\%$	Seifert (1954)

Es fehlt die Angabe, ob es sich hierbei um Extremwerte (Minimal- oder Maximalwerte) oder um Mittelwerte handelt. Auch die Anzahl der untersuchten Personen und die Methodik, nach der die einzelnen Autoren ihre Werte bestimmt haben, ist nicht angegeben.

HOLLAND u. a. (1960) haben die Bronchialmucosa und Submucosa im Menschen bei cancerogen entartetem Gewebe und - zum Vergleich - in normalem Gewebe auf ihren Arsengehalt hin analysiert. Tabelle 14 zeigt die Werte, die in dem Kontrollgeweben gefunden wurden (bezogen auf Material, das bei 60 - 80 ° C getrocknet wurde).

Tabelle 14: Arsengehalt von Bronchialmucosa und Submucosa
(As in γ %)

Fall	Alter	Beruf	Rauchgewohnheiten	Arsengehalt
1	72	Zimmermann	1 1/2 Pckg./Tag	128,8
2	45	Bauer	1,5 Pckg./Tag	159,1
3	80	Maler	1 Pckg./Tag	90,9
4	61	Elektriker	Pfeife u. Zigarren	98,5
5	66	Kunsttischler	0,5 Pckg./Tag	56,8
6	40	Sägewerksarbeiter	unbekannt	90,9
7	62	Pförtner	6 - 8 Zigarren/Tag 1 Pckg./Tag	227,3
8	71	Koch	Nichtraucher	318,9
9	71	Kolonialwaren- händler	8 - 10 Zigarren/Tag	447,0
10	72	Elektriker	1 Pckg./Tag	303,0
11	63	Kontorist	2 Pckg./Tag	204,5
12	55	Bahnarbeiter	0,75 Pckg./Tag	280,3
13	66	Makler	1 Pckg./Tag	431,8
14	70	Arbeiter	0,5 Pckg./Tag	840,9
15	78	Bauer	0,5 Pckg./Tag	159,1
16	63	Nachtwächter	Pfeife	681,8
17	82	Eisenbahner	Unbekannt	106,1
18	61	Wächter	Unbekannt	583,3
19	71	Isolierer	1,5 Pckg./Tag	537,9
20	62	Koch	2 Pckg./Woche	181,8
21	39	Zimmermann	1 Pckg./Tag	272,7
22	49	Kundendienst- fahrer	Unbekannt	356,1
23	65	Eisenbahnangestellter	unbekannt	636,4
Mittel- 63,6 wert		-	-	312,9

Aus der Tabelle geht hervor, daß ein großer Teil der Leichen, deren Gewebe untersucht worden war, Raucher waren (es wurden nur männliche Leichen untersucht), so daß eine dauernde Exposition mit Arsen bestand (SATTERLEE (1956); BAILEY, KENNAWAY und URQUHART (1957) und HOLLAND (1958)). Da die Gewohnheit des Rauchens jedoch weit verbreitet ist, bleibt die Frage offen, inwieweit man die gefundenen Werte als "normal" bezeichnen darf. Auf das Problem der Arseninhalation durch Rauchen soll später noch näher eingegangen werden. Der Autor gibt den Durchschnittswert normaler Bronchialmucosa und Submucosa mit 312,9 $\mu\%$ As an. Er hält einen Betrag von 378,8 $\mu\%$ oder mehr für eine übermäßige Menge, weist dabei aber gleichzeitig auf die Schwierigkeit hin, hier einen normalen Bereich zu ermitteln.

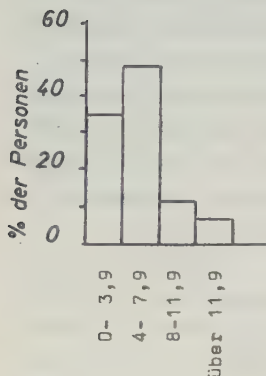
Das Arsen wurde nach einer von SATTERLEE und BLODGETT (1934) angegebenen, modifizierten GUTZEIT-Methode bestimmt.

NIXON und SMITH (1960) haben bei 25 unbeschädigten, bleibenden Zähnen den normalen Arsengehalt (As) mit Hilfe der Aktivierungsanalyse bestimmt. Sie fanden Werte zwischen 3,1 - 14,5 $\mu\%$ As, den Mittelwert für menschliche Zähne geben sie mit 6,0 $\mu\%$ As an.

SMITH (1962) stellte bei Zähnen Werte im Bereich zwischen 0,8 - 26,2 $\mu\%$ As fest. Der Mittelwert liegt bei 5,8 $\mu\%$; 95 % der Proben hatten einen Wert unter 12,5 $\mu\%$. Bei Werten über 40 $\mu\%$ erwägt der Autor eine Exposition mit Arsen. Figur 1 zeigt graphisch die Aufteilung des Arsens in den Zähnen.

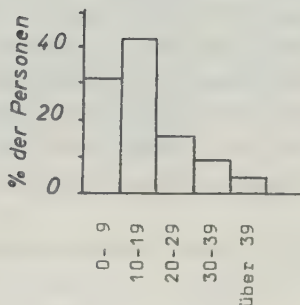
Figur 1:

Arsenverteilung in den Zähnen



Figur 2:

Arsenverteilung in der Haut



Die Bestimmung des Arsens erfolgte mit der Methode der Aktivationsanalyse.

In der Haut fand SMITH (1962) bei 100 Proben mit Hilfe der Aktivierungsanalyse Arsenwerte zwischen 1 µg % As und 59 µg % As. Der durchschnittliche Wert lag bei 16 µg %, der Mittelwert bei 13 µg %. Von den Proben hatten 59 % niedrigere Werte als 40 µg %. Werte über 100 µg % führt der Autor auf eine wahrscheinliche Arsenexposition zurück. In Figur 2 ist die Aufteilung des Arsens in der Haut graphisch dargestellt.

DOMONKOS (1959) untersuchte mit der Neutronen-Aktivierungsanalyse 56 Hautproben von Personen, die nicht mit Arsen in Berührung gekommen waren. Er fand Werte zwischen 5 - 230 µg % As in Trockensubstanz. Als Mittelwert gibt er 10 µg % As an. Der Autor nennt

zum Vergleich BILLETER und MARFURT (1923), die einen Mittelwert von 9,7 γ % As in der Haut festgestellt haben.

BIANCHI (1961) hat den Arsengehalt im menschlichen Magen unter normalen und pathologischen Bedingungen untersucht. Dabei fand er in 6 normalen Mägen Werte zwischen 3,5 γ % und 16,5 γ %. Der Mittelwert betrug 10,25 γ %. Er kommt zu dem Resultat, daß der Magen etwa genauso viel normales Arsen enthalte wie andere parenchymatöse Organe. Die Bestimmung erfolgte nach von der VASAK und SEDIVEC (1952) angegebenen Methode, wobei die Farbreaktion zwischen AsH_3 und Diäthylthiocarbamatsilber kolorimetrisch ausgewertet wird. Tabelle 15 zeigt die Werte im einzelnen.

Tabelle 15: Arsen im menschlichen Magen (As in γ %)

Fall	Alter	As in γ %
1	82	9
2	60	9,8
3	63	16,5
4	77	3,5
5	53	8,7
6	86	14
Mittelwert:		10,25

BOYLEN und Mitarbeiter (1967) haben 17 Leberproben von Personen, die nicht mit Arsen in Berührung kamen, auf ihren Gehalt an diesem Element untersucht. Das Material wurde in Würfel geschnitten und an der Luft getrocknet. Die Bestimmung erfolgt nach einer von MONKMAN und DUBOIS (1962) vorgeschlagenen Methode; bei der Reduktion von Silberdiäthylthiocarbamat durch AsH_3 entsteht eine weinrote Farbe, die kolorimetrisch ausgewertet wird. Die Tabelle 7 zeigt die gefundenen Werte.

Tabelle 16: Arsen in der Leber (bezogen auf Trockensubstanz)

Zahl der Proben	$\mu\%$ Arsen
2	0 - 5 $\mu\%$
3	5 - 10 $\mu\%$
5	1 - 20 $\mu\%$
4	20 - 50 $\mu\%$
1	50 - 100 $\mu\%$
2	100 - 150 $\mu\%$
17	

BOYLEN gibt auf Grund dessen den durchschnittlichen Arsengehalt "normaler" Leber mit 35 $\mu\%$ (Trockensubstanz) an, wobei aber nicht erwähnt wird, ob es sich dabei um reines Arsen (As) oder um eine Arsenverbindung, wie As_2O_3 handelt.

b) Normaler Arsengehalt des Kreislauf- und Menstruationsblutes

Nach GUTHMANN und HENRICH (1941) beträgt der Arsengehalt des Kreislaufblutes der nicht menstruierenden Frau 63 $\mu\%$ As, zur Zeit der Periode findet eine Erhöhung auf 93 $\mu\%$ As statt, während im Menstruationsblut selbst ein Anstieg auf 320 $\mu\%$ As zu verzeichnen ist. SEIFERT (1952) gibt dagegen als Maximalwerte des physiologischen Arsens im Blut nur 24 $\mu\%$ As an und verweist auf große individuelle Schwankungen. GERIN (1956) fand im Blut von Leichen, die eines natürlichen Todes gestorben sind 0 - 4,6 $\mu\%$ As, bei lebenden Personen (insgesamt 23) - ohne besondere Arsenexposition - konnte er nur in einem Falle 3 $\mu\%$ As nachweisen (vergleiche Tabelle 5 und 29).

CANFORA (1962) hat bei eigenen Untersuchungen mit einer Modifikation der Molybdänblau-Methode, die bis zu 0,5 μ empfindlich ist, kein Arsen im Kreislaufblut nachweisen können, so daß nur Werte darunter im Blut vorhanden sein konnten. Auf Literaturangaben sich stützend, nimmt er für die im zirkulierenden Blut befindliche Arsenmenge (As) Werte an, die niedriger als 10 μ pro 100 g Frischsubstanz (= 10 μ %) sind. Dies trifft seiner Meinung nach auch bei Frauen zu, die in Bädern mit reichlich arsen- und eisenhaltigem Wasser gearbeitet haben.

Bei Menstruationsblut fand CANFORA (1962) bei insgesamt 21 Frauen zwischen 13 und 45 Jahren immer Arsen und zwar im Bereich von 3800 μ % und 6000 μ % As in Trockensubstanz. Enthält daher Blut eine Arsenmenge von mehr als 1000 μ % As in Trockensubstanz, so ist nach CANFORA (1962) die gerichtsmedizinische Diagnose von Menstruationsblut, zusammen mit anderen Kriterien, gerechtfertigt.

Zur gegenteiligen Auffassung kommen THOMA und Mitarbeiter (1955). Sie haben die Testfleckenmethode von SEIFERT (1952) modifiziert und konnten so noch 0,05 μ Arsen nachweisen. Bei 20 Versuchspersonen fanden sie in keinem Falle Arsen (As) im Kreislaufblut (Frischsubstanz), so daß - entsprechend ihrem Vorgehen beim Versuch - der Arsengehalt unter 1 μ % As liegen muß. Im Menstruationsblut (Frischsubstanz) konnten sie nur in 3 Fällen Arsen nachweisen. Die Werte betrugen um 0,05 μ und 0,06 μ As, lagen also an der Nachweisgrenze. Die Autoren halten daher die Anreicherung von Arsen im Menstruationsblut für durchaus möglich, "doch ist das Verfahren zur Identifizierung von Menstruationsblut im Rahmen der gerichtsmedizinischen Spurexpertise nicht geeignet".

Bedenkt man, daß arsenhaltige Präparate wie Acetarsol oder Rathimed zur Behandlung der vaginalen Trichomoniasis teils noch benutzt und

so intravaginal appliziert werden, so besteht durch die mögliche Beimischung von Arsen zum Menstruationsblut ein weiterer Grund, mit der Identifizierung von Menstruationsblut auf der Basis eines Arsen-nachweises zurückhaltend zu sein.

In der Tabelle 17 sind die physiologischen Arsenwerte in den verschiedenen Organen und Körperflüssigkeiten vergleichend gegenübergestellt. Die bisher genannten Arsenwerte in Nägeln, Haaren und im Urin sind nicht mit angegeben, sondern in späteren Tabellen erwähnt.

Tabelle 17: Normaler Areengehalt in Organen und Körperflüssigkeiten (in %)

Autor	Jahr	Angabe als	Gehirn	Herz	Milz	Muskeln	Nieren	Magen	Pankreas	Blut	Menstruat.- Blut	Schilddrüse	Lunge	Leber	Knochen	Zähne	Lymphknoten	Bronchial- mucosa, submucosa	Haut	Darm	Mageninhalt	Darminhalt	Blase
Keilholz u. a.	1922	As			6,6							13,1	9,5	2,2-14,2	8,7				9,7				
Blüthner u. a.	1923	As	10,6	9,9	8,75		10,6			8,3				11,1									
Guthman u. a.	1932	As								80-84													
Guthman u. a.	1941	As								83-93	320												
Hansen u. a.	1949	As					1-10			2				1-10									
Monier-Williams	1949	?								80-84													
Leng	1949	?	12-18	18-32	14-26	14-27				60			20-25	12-32	12-17				11-15				
Bamford	1951	?																					
Kingsley u. a.	1951	As	2,8	2,9			20 - 30 %						2,6	3,25									
Seki	1951	?				4,2 3				10													
Seifert	1952	As								24													
Pinto u. a.	1953	?								15,2-					15,2								
Copeman u. a.	1955	As								30,3				30,3									
Thome u. a.	1955	As								< 1	7		5,2	6,3			30,3						
Sula u. a.	1955	As			4,8		5,0										13,1						
Beiley	1956	As																					
Gerin	1956	As	2,4	2,4	2,4	2,6	3,4	3,8	4,0	4,6		5,5	8,5	9,2	15,8				5,1	5,8	4,2	7,0	6,1
Oberste-L. u. a.	1956	As																	12,7				
Domonkos	1959	As																	10				
Rengel	1959	?	11	10,7	8,7		10,5			8,3			9,5	11(6)	8,8			312,9	9,7				
Holland u. a.	1960	As	(4,8)			(7,8)																	
Nixon u. a.	1960	As						10,25															
Bianchi	1961	As																					
Smith	1962	As																					
Sanford	1962	?								10	1600								13				
Boylan u. a.	1967	?																					

Die bei Rengel in Klammer angegebenen Werte wurden bei Neugeborenen er-

mittelt

Wie man aus den bisher angegebenen Werten für die einzelnen Organe ersehen kann, spielt die Haut und vor allem ihre Anhangsgebilde, nämlich Haare und Nägel, eine besondere Rolle, denn

1. weisen sie meist einen prozentual hohen Arsengehalt auf,
2. sind sie leicht zugänglich, so daß deren Untersuchung auch in Fällen von Arsenvergiftungen, die nicht tödlich verliefen, zur Sicherung der Diagnose herangezogen werden.

Auf Grund dieser beiden Gesichtspunkte haben sich viele Forscher eingehend speziell mit diesem Problem befaßt.

c) Normaler Arsengehalt in den Nägeln

JOANID und Mitarbeiter (1961) haben bei 25 Personen verschiedener Berufe unterschiedlichen Alters und Geschlechts teilweise über einen Zeitraum von 18 Monaten Nagelproben auf ihren normalen Arsengehalt hin untersucht. (Bei den untersuchten Fällen handelte es sich weder um eine Arsenvergiftung oder -behandlung).

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 18 wiedergegebenen, die Werte wurden mit Hilfe der Molybdänblau-Methode kolorimetrisch ermittelt. Nicht angegeben ist, wieviel Analysen pro Person durchgeführt wurden. Ebenso ist nicht erwähnt, ob es sich bei den Werten um Minimal-, Maximal- oder Mittelwerte der einzelnen Personen handelt, wobei letzteres am wahrscheinlichsten ist.

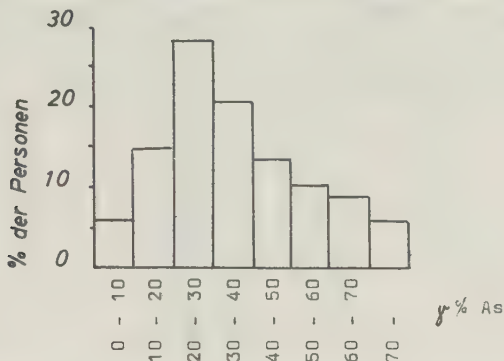
Tabelle 18: Normaler Arsengehalt in Hand- und Fußnägeln (As in γ %)

Nr.	Beruf	Geschlecht	Alter Jahre	Hände	Füße
1	Schüler	♂	6	46	43
2	Schüler	♂	7	45	45
3	Schüler	♂	10	50	45
4	Schüler	♀	11	50	48
5	Schüler	♀	14	55	57
6	Dactylograph	♀	22	60	60
7	Beamter	♀	26	62	64
8	Techniker	♂	26	60	62
9	Beamter	♀	29	68	65
10	Beamter	♀	30	66	68
11	Apotheker	♂	31	66	67
12	Apotheker	♂	35	68	-
13	Arzt	♀	37	68	70
14	Apotheker	♂	38	69	-
15	Hausfrau	♀	40	-	72
16	Apotheker	♂	45	75	71
17	Beamter	♂	46	70	69
18	Maler und Zeichner	♀	47	73	69
19	Hausfrau	♀	49	70	70
20	Chemiker	♂	53	72	70
21	Maler und Zeichner	♂	60	78	74
22	Chemiker	♂	63	80	80
23	Hausfrau	♀	75	100	96
24	Pensionär	♂	89	100	108
25	Schüler	♀	17	53	50

Nach JOANID (1961) liegen daher die Grenzen des normalen Arsengehaltes der Nägel zwischen 43 - 105 $\mu\%$, wobei man bei älteren Menschen die höheren Werte findet.

FERGUSSON u. a. (1960) haben ebenfalls Untersuchungen über den Arsengehalt in Nägeln gemacht. Die Ergebnisse über den normalen Gehalt, auch wenn Erkrankungen vorliegen, wobei allerdings keine Arsentherapie eingeleitet war, zeigen sie in folgender Figur. Die quantitative Bestimmung von Arsen als As erfolgte mittels der Aktivierungsanalyse, über die Zahl, das Alter und Geschlecht der untersuchten Personen sind keine Angaben gemacht.

Figur 3: Normaler Arsengehalt (As) in Nägeln nach FERGUSSON

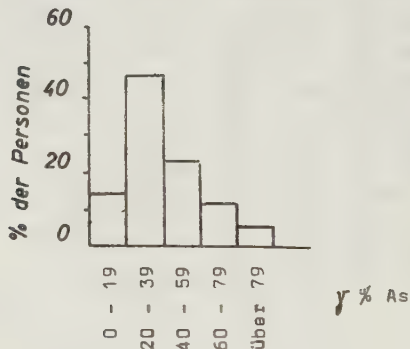


GRUSZ-HARDY (1966) nimmt den normalen Arsengehalt der Nägel mit 0 - 200 $\mu\%$ As an. (Sie schafft sich dadurch eine "Verdachtszone" zwischen physiologischen Werten und Vergiftungswerten, innerhalb deren man eine Vergiftung nicht feststellen, sondern nur in Erwägung ziehen sollte.)

VALLEE u. a. (1960) geben, basierend auf Literaturangaben, den normalen Arsengehalt der Nägel mit 150 - 400 $\mu\%$ (wobei nicht genannt ist, ob es sich um As oder As_2O_3 handelt) an, COPEMAN und BODENSTEIN (Südafrika (1955)) fanden 227,8 - 378,8 $\mu\%$ As, GERIN (1956) nennt als Maximalwert 169,7 $\mu\%$ As.

SMITH (1962) hat bei 100 Personen, von denen man wußte, daß sie nicht mit arsenhaltigen Drogen behandelt wurden, den normalen Arsengehalt (As) in Nägeln mit der Aktivierungsanalyse bestimmt. Figur 4 zeigt die sich ergebende Aufteilung.

Figur 4: Normaler Arsengehalt (As) in Nägeln (nach SMITH)



Die Werte erstreckten sich von 2 $\mu\%$ As bis 290 $\mu\%$ As, "der durchschnittliche Wert war 41 $\mu\%$ und der Mittelwert 32 $\mu\%$ ". Da in 95 % der Fälle der Arsengehalt unter 100 $\mu\%$ lag, muß nach SMITH (1962) bei Werten über 150 $\mu\%$ in den Nägeln eine Arsenkontamination in Betracht gezogen werden. Zum Vergleich nennt SMITH (1962) die Autoren BAGCHI (1937) (101 $\mu\%$ As), SZEP (1940)

(150 - 250 γ % As), SMALES und PALE (1952) (80 - 280 γ % As).

Im folgenden sollen die bisher angegebenen Werte der einzelnen Autoren nochmals in einer Übersicht zusammengefaßt werden, einschließlich der Angaben aus früheren Kapiteln.

Tabelle 19: Normaler Arsengehalt in Nägeln (in γ %)

Autor	Jahr	Angabe als	Arsengehalt
Billeter	1923	As	17,2
Bagchi	1937	As	101
Szep	1940	As	150 - 250
Seifert	1952	As	8,7 - 63
Smales u. a.	1952	As	80 - 280
Copeman u. a.	1955	As	227,8 - 378,8
Gerin	1956	As	169,7
Underwood	1956	?	150 - 400
Rengei	1959	?	17
Fergusson u. a.	1960	As	10 - 70
Vallee u. a.	1960	?	150 - 400
Joanid	1961	As	43 - 105
Smith	1962	As	bis 150
Grusz-Harday	1966	As	0 - 200

d) Normaler Arsengehalt in den Haaren

Intensiver noch sind die Forschungen über den normalen Arsengehalt des Haares betrieben worden.

FAZEKAS und RENGEI (1960) haben von 139 Männern und 101 Frauen, bei denen eine Arsenexposition nicht bekannt war, das Haar,

Achselhaar und Schamhaar auf seinen normalen Arsengehalt hin untersucht. Besonders berücksichtigt wurde dabei Geschlecht, Alter, Haarfarbe, Durchmesser des Haares und Haartyp. Dabei zeigte sich kein Zusammenhang zwischen Farbe, Dicke und Typ des Haares einerseits und Arsengehalt (As) andererseits. Tabelle 20 zeigt die Ergebnisse, die Bestimmungen erfolgten nach der von RENGEI angegebenen Methode, einer Modifikation der Molybdänblau-Methode.

Tabelle 20: Normaler Arsengehalt im Haar, Achselhaar und Schamhaar, geordnet nach Alter und Geschlecht (As in $\mu\%$)

Zahl der untersuchten Fälle		Alter	Haar			Achselhaar			Schamhaar			Haar			Achselhaar			Schamhaar		
Männer	Frauen		Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert
15	11	26	unter 1 J.	30	63	45,3	-	-	-	-	-	30	45	38,1	-	-	-	-	-	-
15	17	32	1 - 10 J.	31	54	37,2	-	-	-	-	-	25	39	35,3	-	-	-	-	-	-
14	10	24	11 - 20 J.	22	35	28,1	3	6	3,8	7	4,3	17	29	22,0	3	6	4,0	3	8	5,7
18	8	26	21 - 30 J.	36	56	44,4	3	6	4,3	7	4,4	23	32	28,0	4	6	5,0	3	5	3,0
10	15	25	31 - 40 J.	31	42	37,4	3	6	4,5	6	3,8	19	30	25,7	2	7	4,5	3	7	4,5
17	4	21	41 - 50 J.	20	46	29,3	2	6	4,3	7	4,6	23	29	26,5	4	5	4,7	4	6	4,7
18	8	26	51 - 60 J.	20	40	29,2	3	7	5,4	7	4,4	21	29	26,6	3	7	4,7	5	8	6,6
17	10	27	61 - 70 J.	14	30	23,3	2	8	5,8	8	5,6	20	30	23,7	3	7	5,0	3	8	5,2
15	18	33	über 70 J.	19	32	23,7	3	7	5,3	7	4,7	19	35	27,1	3	8	4,7	2	9	4,7

Im Vergleich zwischen beiden Geschlechtern ergab sich folgendes Bild:

Haar:

Mittelwert des Männerhaares:	33,07	g % As
Mittelwert des Frauenhaares:	28,13	g % As
Mittelwert beider Geschlechter:	30,60	g % As

Achselhaar:

Mittelwert bei Männern:	4,77	g % As
Mittelwert bei Frauen:	4,59	g % As
Mittelwert beider Geschlechter:	4,66	g % As

Schamhaar:

Mittelwert bei Männern:	4,56	g % As
Mittelwert bei Frauen:	4,77	g % As
Mittelwert beider Geschlechter:	4,66	g % As

Die Autoren ziehen daraus folgende Schlüsse:

1. Der normale Arsengehalt des männlichen Haares ist im allgemeinen höher als der des weiblichen, außer in den Altersgruppen über 60 Jahren.
2. Beide Geschlechter zeigen im Arsengehalt des Haares zwei Maxima (im Alter unter 1 Jahr und zwischen 20 und 30 Jahren).
3. Der normale Arsengehalt des Achsel- und Schamhaares ist wesentlich niedriger als der des Kopfhaares.
4. Neben den Minimum-, Maximum- und Mittelwerten muß man auch das Alter der betreffenden Person berücksichtigen.

Die Autoren weisen darauf hin, daß die unterschiedlichen Angaben in der Literatur (Arsen als As):

BILLETER u. a.	(1923)		9,5	µ %
SZEP	(1940)	24-	30	µ %
BRUSTIER u. a.	(1949)	10-	30	µ %
DEROBERT u. Le BRETON	(1951)		250	µ %
BOURRET u. a.	(1953)	10-	70	µ %
HERMAN u. a.	(1954)	10-	12920	µ %
COPEMAN u. Mitarbeiter	(1955)	300-	500	µ %

vielleicht auf die Verschiedenheit der geographischen Breite der Gegenden zurückzuführen sind, in denen diese Bestimmungen durchgeführt wurden und in Zusammenhang damit von den verschiedenen Lebensverhältnissen, Ernährungsbedingungen, Gewohnheiten und meteorologischen Gegebenheiten. SMITH (1962) konnte nachweisen, daß bei Leuten, die unter denselben Bedingungen leben, der Arsengehalt im Haar und Urin sehr ähnlich ist.

BOYLEN und HARDY (1967) fanden bei Personen, die nicht mit Arsen in Kontakt gekommen waren, folgende Werte (Tabelle 21) im Haar (nicht erwähnt ist dabei, ob es sich um As oder um As_2O_3 handelt).

Tabelle 21: Arsengehalt im Haar (Arsen in $\mu\%$)

Arsen in $\mu\%$	Fälle
0 - 10	14
10 - 20	5
20 - 30	5
30 - 40	16
40 - 50	9
50 - 60	2
60 - 70	3
70 - 80	1
80 - 90	1
90 - 100	2
mehr als 100	0

Die Arsenwerte wurden kolorimetrisch bestimmt auf Grund des Farbkomplexes, der bei der Reduktion von Silberdiäthylthiocarbamat durch AsH_3 entsteht.

Das geometrische Mittel betrug $25 \mu\%$, mit einer Standardabweichung von 2,05. Maximal wurden $100 \mu\%$ gefunden (bei 2 Personen). Die Autoren nehmen an, daß 95 % aller Haarproben "normaler" Personen einen Arsengehalt zwischen $6 \mu\%$ bis $100 \mu\%$ haben müssen.

GERIN (1956) hat in den Haaren mit der Molybdänblau-Methode maximal $192,3 \mu\%$ As gefunden, VALLEE u. a. (1960) nennt aus Literaturangaben Werten zwischen 3,6 und $88 \mu\%$ (ohne Angabe, ob es sich um As oder As_2O_3 handelt). J. BAUER (1962) gibt den Arsengehalt mit $20 \mu\%$ As an (Methodik: von SANGER-BLACK modifiziertes GUTZEIT-Verfahren). Er zitiert HOLTZ und FLASCHENTRÄGER (1951), FÜHNER u. a. (1951), MUELLER (1953), die den Gehalt mit $77 \mu\%$ As

angeben. GRUSZ-HARDAY (1966) hält 0 - 100 $\mu\%$ As für normal.

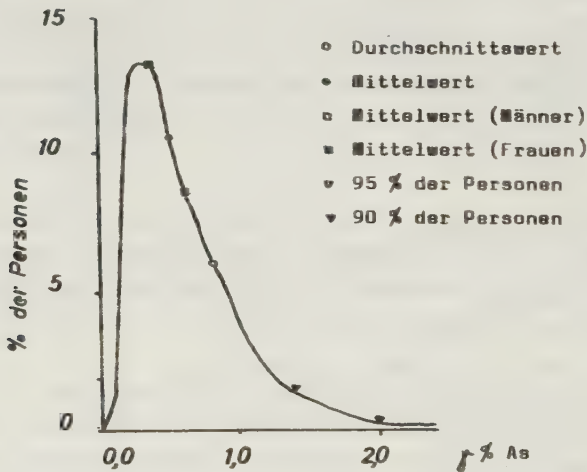
COVELLO (1960) hat an Hand von Literaturangaben eine Tabelle über den normalen Arsengehalt im Haar zusammengestellt (Tabelle 22). Die Nachweismethoden der einzelnen Autoren sind dabei nicht genannt.

Tabelle 22: Normaler Arsengehalt im Haar (As in $\mu\%$)

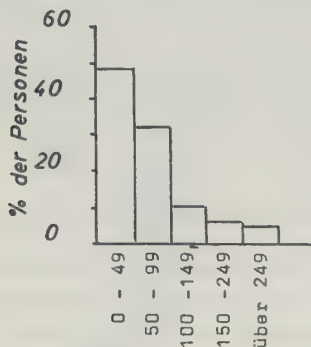
Autoren	As $\mu\%$		
Young u. Rice	0,22	-	0,28
Schaefer (1907)	4,9		
Billeter u. Marfurt	9,7		
Adamo	28,1		
Van Itallie (1937)	10	-	30
Wuhrer (1937)	3	-	40
Vanosy u. Balogy	15	-	50
Glaister (1945)	70		
Szep	27	-	77
Taege u. Gunther	80	-	160
Gerin	9	-	192
Bloemardel	30	-	225
Bourret, Badinand u. Serusclat (1953)	260 (a)		
Myers u. Cornwall	0	-	280
Kunkela (1940)	120	-	300
DéRobert (1951)	50	-	500
Bourret, Badinand u. Serusclat (1953)	330 (b)		
(a) Mittelwert von 26 Erwachsenen			
(b) Mittelwert von 8 Kindern			

Besonders eingehend hat sich SMITH (1962) mit dem Problem des normalen Arsengehaltes im Haar befaßt. Er untersuchte insgesamt 1.200 Proben von Patienten, bei denen man eine Therapie mit arsenhaltigen Drogen ausschließen konnte. Dabei fand er Werte von 3 $\mu\%$ As bis 740 $\mu\%$ As. Der durchschnittliche Werte betrug 81 $\mu\%$ As, der Mittelwert 51 $\mu\%$ As. Da SMITH Werte über 400 $\mu\%$ As auf eine Arsenkontamination zurückführte, ließ er diese Werte aus, so daß sich dann als gefundener Mittelwert 66 $\mu\%$ As ergab. Figur 5 und 6 zeigen die gefundenen Aufteilungen.

Figur 5: Die Verteilung von Arsen im menschlichen Haar (nach SMITH)
(As in $\mu\%$)



Figur 6: Arsenverteilung im Haar (nach SMITH)
(As in $\mu\%$)

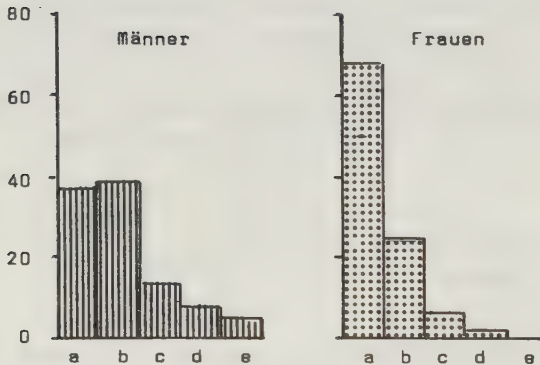


Die Werte wurden mit Hilfe der Aktivierungsanalyse gefunden.

SMITH (1962) nimmt auf Grund seiner Nachforschungen an, daß Personen mit einem Betrag von mehr als 300 $\mu\%$ As irgendwie Arsen ausgesetzt waren, für Personen mit einem Betrag zwischen 200 $\mu\%$ und 300 $\mu\%$ As empfiehlt er eine weitere Prüfung.

SMITH (1964) fand ebenso wie FAZEKAS und RENGEI (1960), daß der Arsengehalt im Haar von Frauen und Männern verschieden ist, und zwar fand er Mittelwerte von 37 $\mu\%$ As bez. 62 $\mu\%$ As (Figur 7).

Figur 7: Die Verteilung von Arsen im männlichen und weiblichen Haar (nach SMITH) (As in $\gamma\%$)



- a) 0 - 49
- b) 50 - 99
- c) 100 - 149
- d) 150 - 249
- e) über 249

SMITH (1964) nahm an, daß dies dem Haarwaschen zuzuschreiben sei oder dem mechanischen Verlust des längeren Haares bei Frauen, darauf hinauslaufend, daß der Arsengehalt von der Wurzel zum Ende hin fällt, aber experimentell wurde festgestellt, daß dies nicht

der Fall war. Drei typische Beispiele solch einer Untersuchung werden in Tabelle 23 gezeigt.

Tabelle 23: Arsengehalt in einzelnen Haarabschnitten (nach SMITH)
(As in $\mu\%$)

Person	Länge	Wurzel bis 1/4	1/4 - 1/2	1/2 - 3/4	3/4 - Ende
Frau	16 cm	6,8	7,6	3,6	5,1
Frau	13 cm	14	14	17	23
Frau	9 cm	5	10	12	8

Der Autor kann dafür keine Erklärung geben, außer, daß die verschiedene Arbeitsumgebung dies bewirken könnte. Im Gegensatz zu FAZEKAS und RENGEI (1960) mißt er der gefundenen Variation des Arsengehalts in Abhängigkeit vom Alter (Tabelle 24) keine Bedeutung bei. Bei ihm umfassen die einzelnen Altersgruppen gleich 25 Jahre, bei FAZEKAS und RENGEI dagegen nur 10 Jahre. Daher können beide Ergebnisse schlecht miteinander verglichen werden.

Tabelle 24: Arsengehalt im Haar in Bezug zu verschiedenen Altersgruppen (nach SMITH) (As in $\mu\%$)

Alter in Jahren	Arsengehalt
unter 25	58
25 - 50	41
über 50	52

Auch die folgende Tabelle ist einer Arbeit von SMITH entnommen. Er führt diese von anderen Autoren angegebenen Werte zum Vergleich mit seinen an.

Tabelle 25: Normaler Arsengehalt im Haar nach Literaturangaben
(As in $\mu\%$)

Bagchi (1937)	129	$\mu\%$
Wuhrer (1937)	20 - 50	$\mu\%$
Szep (1940)	27 - 77	$\mu\%$
Smales und Pate (1952)	50 - 210	$\mu\%$
Bourret u. a. (1953)	60 - 160	$\mu\%$

Die Tabelle 26 bringt eine Zusammenfassung der physiologischen Arsenwerte im Haar nach Angaben der verschiedenen Autoren. Werte, die bereits in früheren Kapiteln angegeben wurden, sind in die Tabelle mit übernommen.

Tabelle 26: Normaler Arsengehalt in Haaren (in $\gamma\%$)

Autor	Jahr	Angebe als	Arsengehalt
Billeter u. a.	1923	As	9,7
Schaefer u. a.	1907	As	4,9
Taegeer u. a.		As	80 - 160
Wuhrer	1937	As	3 - 40
Glaister	1945	As	70
Vanossy u. a.		As	15 - 50
Bloemardel		As	30 - 225
Van Itallie	1937	As	10 - 30
Young		As	0,22- 0,28
Kunkale	1940	As	120 - 300
Szep	1940	As	27 - 77
Myers u. a.		As	0 - 280
Adamo		As	28,1
Brustier u. a.	1949	As	10 - 30
Camp u. a.	1949	?	3,6 - 88
Derobert u. a.	1951	As	250
Fühner u. a.	1951	As	77
Holtz u. a.	1951	As	77
Seifert u. a.	1952	As	3,6 - 88
Bourret u. a.	1953	As	10 - 70
Müller	1953	As	77
Herman u. a.	1954	As	10 - 12920*)
Gerin	1956	As	9 - 192
Underwood	1956	?	3,6 - 88
Rengei	1959	?	9,8
Fazeekas u. a.	1960	As	30,6 **)
Vallee u. a.	1960	?	3,6 - 88
Smith	1962	As	bis 300

Autor	Jahr	Angabe als	Arsengehalt
Bauer	1962	As	20
Grusz-Harday	1966	As	0 - 100
Boylan u. a.	1967	?	6 - 100
Smales u. a.	1952	As	50 - 210
Bagehi	1937	As	129

*) Der Wert wird von den Autoren selbst angezweifelt und daher im folgenden außer Acht gelassen.

**) Fazekas: Mittelwert Achselhaar: 4,66
Mittelwert Schamhaar: 4,66

3. Normaler Arsengehalt im Urin

SCHRENK und SCHREIBEIS (1958) haben bei mehreren Arbeitern einer Versuchsanlage Urinproben auf ihren Arsengehalt hin geprüft. Eine spezielle Arsen-Exposition wurde ausgeschlossen, da sie in der Luft des Arbeitsplatzes kein oder nur in Spuren Arsen nachweisen konnten. Tabelle 27 zeigt eine Zusammenstellung der gefundenen Werte.

Tabelle 27: Arsen im Urin (As in $\mu\%$)

Person	Zahl der Proben	Arsen in $\mu\%$	
		Grenzwerte	Mittelwert
A	23	4 - 14	8
B	28	2 - 11	6
C	25	2 - 30	10
D	42	2 - 24	8
E	41	4 - 200	22
F	29	2 - 11	6
G	44	2 - 110	12
H	38	4 - 42	9
I	43	2 - 19	7
J	41	4 - 25	9
K	42	4 - 27	8
L	41	2 - 36	7
M	40	3 - 14	8
N	40	2 - 29	7
O	27	4 - 9	5
P	4	4 - 6	5
Q	26	3 - 28	6
R	24	4 - 14	7
S	23	4 - 13	7
T	20	4 - 18	8
U	22	2 - 10	5
V	17	4 - 12	7
W	7	4 - 15	9
X	17	2 - 12	6
Y	17	4 - 10	5
Z	10	2 - 25	7
AA	12	2 - 9	5
BB	7	4 - 9	5
CC	6	4 - 12	8
Insgesamt	756	2 - 200	8

Der höchste Wert beträgt 200 $\mu\%$ As, der niedrigste 2 $\mu\%$ As. Der höchste Mittelwert bei der einzelnen Person wird mit 12 $\mu\%$ As, der niedrigste mit 5 $\mu\%$ As angegeben. Der Mittelwert von allen Personen und Bestimmungen zusammen liegt bei 8 $\mu\%$ As. 79 % der Werte sind unter 10 $\mu\%$ As. Daher glauben die Autoren, daß normalerweise in der Mehrzahl der Fälle ein Arsenspiegel im Urin unter 10 $\mu\%$ As zu erwarten sei. Sie weisen jedoch darauf hin, daß diese Werte durch viele Faktoren, z. B. durch Nahrung (Seefische) verändert werden. Darauf wird später noch näher eingegangen.

SCHRENK und SCHREIBEIS (1958) führten ihre Bestimmungen mit der Molybdänblau-Methode durch.

Die folgende Zusammenstellung (Tabelle 28) ist, in etwas abgewandelter Form, der Arbeit der oben genannten Autoren entnommen. Sie gibt als Vergleich die Werte an, die andere Forscher gefunden haben. Es ist aber nicht genannt, ob es sich dabei um reines Arsen (As) handelt. Auch fehlt die Angabe der jeweils angewandten Methode.

Tabelle 28: Arsengehalt im Urin nach Literaturangaben (Arsen in $\mu\%$)

Autor	Werte	Mittelwert	Bemerkungen	Jahr
Webster	0 - 6,5 $\mu\%$	1,4 $\mu\%$	bei 18 Kindern	1941
	0 - 6,0 $\mu\%$	1,5 $\mu\%$	bei 26 Erwachsenen	
Watrous und Mc Caughey	4 - 21 $\mu\%$	1,3 $\mu\%$	wahllose Gruppe von Personen	1945
Pinto und Mc Gill	0 - 206 $\mu\%$	10 $\mu\%$ 13 $\mu\%$	Industriearbeiter ohne bekannte As-Exposition	1953

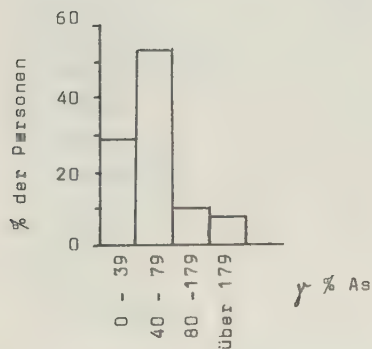
Bei PINTO und Mc GILL lagen 88 % der Fälle unter 20 $\mu\%$.

In "QUERIES AND MINOR NOTES" (1942) wird die Ansicht vertreten, daß Arsenwerte bis zu 70 $\mu\%$ noch innerhalb normaler Grenzen liegen. Arsenwerte bis zu 300 $\mu\%$ lassen auf eine ungewöhnliche Arsenzufuhr oder auf eine Arsentherapie schließen.

SMITH (1962) fand bei 50 Urinproben von Personen, bei denen keine Arsenexposition bekannt war (nähere Angaben fehlen) Arsen im Bereich von 1,2 $\mu\%$ As bis 32,5 $\mu\%$ As. Der durchschnittliche Wert lag bei 8,4 $\mu\%$, der Mittelwert bei 4 $\mu\%$ As. Unter 17 $\mu\%$ As waren 90 % aller Fälle. Auch SMITH weist auf den starken Einfluß der Nahrung auf den Arsenspiegel hin. So kann z. B. eine Flasche Rotwein, reich an Arsen, den Arsengehalt im Urin über Nacht von 4,4 $\mu\%$ auf 77 $\mu\%$ As erhöhen.

In Figur 8 sind die von SMITH gefundenen Werte graphisch dargestellt.

Figur 8: Normale Arsenverteilung im Urin (nach SMITH)



Zum Vergleich mit seinen Ergebnissen zitiert SMITH

BAGCHI (1937)	1	-	7	g % As
KINGSLEY und SCHAFFERT				
(1951)	4,6	-	19,8	g % As
SMALES und PALE (1952)	1	-	33	g % As

GERIN (1956) fand mit der Molybdänblau-Methode bei Personen, die eines natürlichen Todes gestorben sind, im Urin einen Arsengehalt von 0 - 11,1 g % As. Bei 23 lebenden Personen, bei denen eine spezielle Arsenexposition auszuschließen war, fand er Werte zwischen 0 - 6,4 g % As. Tabelle 29 zeigt die Ergebnisse im einzelnen.

Bei einigen Fällen wurden am Tag insgesamt 4 Proben genommen (um 8.00 Uhr, 12.00 Uhr, 16.00 Uhr, 20.00 Uhr). Die maximalen Werte fanden sich dabei im morgendlichen Urin (7,4 g % bis zu 2 g % As), die minimalen im abendlichen Urin (2,4 g % bis 0,0 g % As). Der maximale Gesamtgehalt an Arsen im Urin innerhalb von 24 Stunden betrug 29 g % As.

Tabelle 29: Normale Arsenwerte beim Menschen in Blut, Urin und Fäkalien (As. in $\gamma\%$)

Fall Nr.	Alter	Beruf	As in $\gamma\%$		
			Blut	Urin	Fäkalien
1	39	Metallarbeiter	*	4,6	3,9
2	41	Tischler	*	*	1,9
3	37	Löter	*	*	1,2
4	55	Handlanger	*	1,2	2,0
5	35	Buchdrucker	*	2,2	2,0
6	42	Handlanger	*	4,2	1,5
7	34	Handlanger	*	2,6	2,0
8	52	Tischler	*	1,0	1,5
9	41	Photograph	*	1,0	1,5
10	54	Gepäckträger	*	*	*
11	32	Handlanger	*	2,8	1,8
12	53	Gaserbeiter	3,0	6,4	1,8
13	36	Kannenflicker	*	2,4	3,1
14	55	Zimmermann	*	1,0	*
15	43	Angestellter	*	5,6	3,9
16	52	Rohrarbeiter	*	*	2,0
17	33	Drucker	*	3,8	2,4
18	19	Graveur	*	2,2	2,1
19	45	Angestellter	*	4,6	2,0
20	27	Photograph	*	2,4	1,8
21	54	Maurer	*	2,0	2,1
22	54	Handlanger	*	2,2	*
23	54	Buchdrucker	*	5,4	3,1

Sternchen bedeutet, daß man bei spektrophotometrischer Messung Werte unter 0,5 γ erhielt

COPEMAN (1955), RENGEI (1959) VALLEE u. a. (1960), GRUSZ-HARDY (1966) und BOYLEN u. a. (1967) haben ebenfalls den Arsengehalt im Urin unter normalen Bedingungen bestimmt. Sie fanden:

Tabelle 30: Normaler Arsengehalt im Urin nach verschiedenen Autoren

Copeman u. a. (1955)	11,4	µ% As
Rengei (1959)	10,4	µ% Arsen (tägl. Me
Vallee u. a. (1960)	0,3 - 15	µ% Arsen
	12 - 260	µ Arsen/24 Std.
Grusz-Harday (1966)	0 - 10	µ% As
Boylen u. a. (1967)	0,001- 0,003	µ% Arsen

Auffallend ist der erstaunlich niedrige und mit den Angaben anderer Autoren nicht übereinstimmende Wert von 0,001 - 0,003 µ% Arsen, den BOYLEN u. a. (1967) angeben.

Die jeweilige Methode der einzelnen Autoren wurde bereits früher erwähnt. Deren Ergebnisse und die der bisher angeführten Autoren sind zum besseren Vergleich in der folgenden Zusammenstellung (Tabelle 31) wiedergegeben, wobei das Jahr der Veröffentlichung ebenfalls genannt ist.

Tabelle 31: Normaler Arsengehalt im Urin (in $\mu\%$)

Autor	Jahr	Angabe als	Arsengehalt
Keilholz	?	As	1,7 - 3,5
Bagchi	1937	As	1 - 7
Mattice u. a.	1937	?	12 - 260 μ /24 Std.
Webster	1941	?	0 - 6,0 *
Watrous u. a.	1945	?	4 - 21
Kingsley u. a.	1951	As	4,6 - 19,8
Seifert u. a.	1952	As	0,3 - 15
Smales u. a.	1952	As	1 - 33
Pinto u. a.	1953	?	0,3 - 15
Copeman u. a.	1955	As	11,4
Gerin	1956	As	6,4 **
Heyman u. a.	1956	?	12 - 260 μ /24 Std.
Manzario u. a.	1956	?	12 - 260 μ /24 Std.
Schrenk u. a.	1958	As	2 - 200
Rengsi	1959	?	10,4 μ /24 Std.
Vallee u. a.	1960	?	0,3 - 15
Smith	1962	As	1,2 - 32,5
Grusz-Harday	1966	As	0 - 10
Boylan u. a.	1967	?	1 - 3

* Webster: bei Kindern 0 - 6,5

** Gerin: bei Leichen 11,1

4. Normaler Arsengehalt in den Faeces

Über den Arsengehalt in den Fäkalien ist wenig berichtet. GERIN (1956) nur hat diesbezüglich genauere Untersuchungen gemacht (siehe Tabelle 29). Die Werte reichen dabei von 0 bis 3,9 $\mu\%$ As.

VALLEE u. a. (1960) berichten, daß nach Verabreichung radioaktiver Arsenverbindungen weniger als 10 % der üblichen löslichen Formen dieses Elementes in den Fäkalien erschienen.

ARNOLD (1967) hatte bei einer Versuchsperson, die 10 mg As_2O_3 eingenommen hatte, festgestellt, daß das Maximum der Arsenausscheidung in den Faeces nach etwa 24 Stunden erreicht ist, mit einem Wert von etwas über 200 μg As. Demgegenüber hatte in demselben Falle die Arsenausscheidung im Urin schon nach 6 Stunden ihren Höhepunkt erreicht und betrug fast 1000 μg As.

5. Geschwindigkeit der Arsenausscheidung aus dem Körper

Nach SMITH (1962) werden Arsenverbindungen, die in einer kleinen einzelnen Dosis eingenommen werden, innerhalb von 14 - 20 Tagen ausgeschieden. VALLEE und Mitarbeiter (1960) geben an, daß die meisten Organismen (Versuchstiere und Menschen) Arsenverbindungen rasch in den ersten 24 bis 48 Stunden mit dem Urin ausscheiden. Danach kommt es für 7 - 10 Tage zu einer langsameren Elimination. Nach ARNOLD (1967) werden von einem gesunden Körper über 90 % des zugeführten Arsens wieder ausgeschieden. Durch eine Behandlung mit Rutin kann die Arsenausscheidung noch wesentlich gesteigert werden (DAVIDOVIC u. a. (1954)), ebenso durch eine BAL-Kur (HEYMAN u. a. (1956), OBERSTE-LEHN u. a. (1956), DALCORTIVO (1960), MOESCHLIN (1965), GRUSZ-HARDAY (1966) und andere). Auch durch Gabe von D-Penicillamin (GATTNER (1964)) oder Penicillin G (PERROT u. a. (1959)) kann eine erhöhte Arsenausscheidung im Urin herbeigeführt werden.

III. MÖGLICHKEITEN PHYSIOLOGISCHER ARSENZUFUHR

1. Allgemeines

Das Arsen ist in der uns umgebenden Welt sehr weit verbreitet, sei es im Boden, im Wasser, in Nahrungsmitteln, in Zigaretten, in Erzen, in Gasen, in Farben oder im Staub von Industriegebieten (VALEE u. a. (1960), COVELLO (1960), KLEPPEL u. a. (1963) und andere Autoren).

Dementsprechend lebt der Mensch in einem mannigfachen Kontakt mit diesem Element, der von normaler Exposition bis zu medikamentöser Einnahme reichen kann (VALLEE u. a. (1960)).

Nach K. H. BAUER (1962) kann das Eindringen von Arsenverbindungen auf dreierlei Wegen erfolgen:

1. Durch Inhalation (z. B. Zigaretten, Insektiziden)
2. Peroral (z. B. Wein, Medikamente)
3. Parenteral durch Injektionen (bei der Therapie)
4. Durch Kontaktwirkung auf der Haut

Dazu kommt noch:

5. Resorptiv über die Schleimhaut (intravaginal)

KOELSCH (1958 a) weist darauf hin, daß durch die unverletzte Haut keine wirksame Arsenaufnahme erfolgt, wohl aber durch Hautverletzungen.

Die Arsenaufnahme durch Inhalation geschieht vornehmlich durch Zigarettenrauch, durch Unachtsamkeit beim Versprühen von Insektiziden, durch Exposition in Industriebetrieben - hier spielt vor allem das

Entstehen von AsH_3 bei chemischen Prozessen eine gefährliche Rolle - und durch Einatmen von arsenhaltigem Staub.

Der perorale Weg stellt die größte Gruppe dar. Er umfaßt Möglichkeiten der Arsenaufnahme durch Nahrungs- und Genußmittel (Fleisch, Obst, Wein u. a.) über Medikamente (Fowler'sche Lösung; asiatische Pillen) bis hin zur Arsenzufuhr in suicidalen oder krimineller Absicht.

Parenteral wurden vor allem früher arsenhaltige Präparate verabreicht. Das bekannteste Präparat ist hier wohl das Neosalvarsan zur Behandlung der Lues. Wenn auch DOEPFNER (1959) keine Indikation mehr für die Verabreichung arsenhaltiger Präparate sieht, so weist FROITZHEIM (1959) darauf hin, daß auch heute noch "Neufassungen" alter arsenhaltiger Medikamente auf den Markt kommen wie Psor-Intern (0,75 % As-Gehalt) und Ellpsoral (3,75 mg As-Dragees) - beide für perorale Aufnahme zur Behandlung der Psoriasis vulgaris. Organische Arsenverbindungen werden vorwiegend parenteral verabreicht, z. B. Novarsenobillon (NAB) zur Behandlung einer Akne vulgaris (CAMPBELL (1959)), MEL W (FRIEDHELM (1959 a)) oder Asorbal (= Mel B) (MIRANDA-NIEVES u. a. (1965)) - beide zur Behandlung parasitärer Erkrankungen wie beispielsweise einer Trichomoniasis.

BOWEN u. a. (1961) berichteten über einen Fall, bei dem es offensichtlich zur Resorption eines Arsenpräparates (Acetarsol) bei der Behandlung einer Trichomoniasis durch die Vagina kam.

Ähnliche Fälle nennen auch HAAS (1966) und THOMPSON und MARSHALL (1958). Letztere zitieren in ihrer Arbeit CROSSWELL (1951) und WHITE (1956), die je einen Fall von Organreaktionen nach Anwendung

von Acetarsol-Vaginaltabletten berichten

Im folgenden werden nur die Möglichkeiten einer Arsenzufuhr erörtert, die normalerweise vorkommen und mehr oder weniger als physiologisch betrachtet werden können. Intoxikationen mit Arsenverbindungen dagegen sind nicht erwähnt.

2. Arsenzufuhr durch Nahrungsmittel

a) Arsen in Nahrungsmitteln tierischer Herkunft

Nach MIKLOVICH (1965), der die Verhältnisse in Ungarn beschreibt, gilt in den meisten Ländern die Feststellung internationaler Fachautoritäten (er zitiert VÖLKER und FRÖHNER (1950), OSTERTAG (1932), SCHNELLER und DAIGELER (1955), SCHÖNBERG (1960)), daß das Fleisch arsenvergifteter Tiere mit Ausnahme der inneren Organe zum allgemeinen Verbrauch geeignet sei, vorausgesetzt, daß es bei der makroskopischen und bakteriologischen Untersuchung als genüßfähig bezeichnet wird. Der Autor schließt sich dieser Meinung nicht an, sondern fordert die chemische Analyse des Fleisches auf Arsen. Auf eigene Untersuchungen sich stützend, empfiehlt er, den Grenzwert für Arsen im Fleisch notgeschlachteter Tiere mit $300 \mu\text{g As}$ festzusetzen. Eingeweide, Blut und Euter müssen jedoch bei Intoxikationen der Tiere auf Grund ihrer hohen Arsenwerte unbedingt immer beschlagnahmt werden. Tabelle 32 zeigt die Arsenmengen, die MIKLOVICH bei 139 wegen Kalziumarsenataufnahme notgeschlachteten Rindern gefunden hat.

Tabelle 32: Arsengehalt im Fleisch und in der Leber von wegen As-Vergiftung notgeschlachteten Rindern (As in %)

Probe	Anzahl	Durchschnitt	Grenzwerte
Kaumuskel	72	247	40 - 720
Lendenstück	78	265	30 - 900
Oberschenkelmuskel	77	226	30 - 1080
Andere Muskeln	61	396	120 - 1028
Leber	17	719	150 - 1200

Den Grenzwert für die Freigabe des Fleisches notgeschlachteter Rindern noch tiefer zu setzen, hält der Autor aus wirtschaftlichen Gründen nicht für zweckmäßig und hygienisch für unbegründet.

BOHOSIEWICZ und JANOWSKY (1957) glauben, daß das Fleisch notgeschlachteter, arsenvergifteter Rinder vollwertig sei, falls die Tiere sobald wie möglich geschlachtet würden. Lediglich die Eingeweide, Euter, Kopf und Blut müssen vernichtet werden.

VOIGT (1960) fanden bei 42 Rindern, die nicht mit Arsenverbindungen vergiftet waren und nicht aus Industriegebieten stammten, einen Mittelwert von 2,8 % Arsen (die Werte lagen zwischen 0,3 % und 5,3 %) im Fleisch und von 2,3 % Arsen in der Leber (Werte zwischen 0,6 % - 14,1 %). Dieselben Untersuchungen wurden von VOIGT und LEISTNER (1961) an 10 Rindern durchgeführt, die aus einer Schwerindustriegegend stammten. Die Autoren ermittelten Werte zwischen 2,4 % - 18,9 % Arsen im Fleisch und 5 % - 18,1 % Arsen in der Leber. Es ist bei den Werten unklar, ob es sich um As oder As_2O_3 handelt. Aus diesen Angaben geht hervor, daß das Fleisch von Rindern auch unter normalen Bedingungen Arsen - gleichsam als Spurenelement - enthalte.

VOIGT und LEISTNER (1961) fordern die Beschlagnahme von Fleisch, das einen Arsengehalt von mehr als 30 μ % aufweist.

MIKLOVICH (1965) hat die quantitative Arsenbestimmung mit einer Modifikation des von GANGL und VAZQUEZ-SANCHEZ angegebenen Verfahrens durchgeführt. Seine Werte beziehen sich auf Frischsubstanz. Die anderen, hier zitierten Autoren wurden der Arbeit von MIKLOVICH entnommen. Angaben über die angewandten Methoden wurden dabei nicht gemacht.

Nach HÜNI und ZANETTI (1963) werden seit etwa 1950 organische Arsenverbindungen wie die p-Aminophenylarsonsäure = Arsanilsäure, die 3-Nitro-4-hydroxyphenylarsonsäure oder die 4-Nitrophenylarsonsäure als Zusatz zu Futtermitteln verwendet. Dadurch soll der Gewichtszuwachs und das Allgemeinbefinden der Tiere, vornehmlich des Geflügels, günstig beeinflusst werden, ähnlich wie durch nutritiv eingesetzte Antibiotika.

In tierexperimentellen Untersuchungen stellten die Autoren fest, daß durch die Zufütterung von organischen Arsenverbindungen ein schnelleres Wachstum und eine bessere Gesundheit beobachtet werden kann, daß aber andererseits das Arsen im Fleisch und in der Leber der Tiere etwas angereichert werde (Nachweis des As mit der von FURRER angegebenen Methode). Bei Zufütterung von 50 mg 3-Nitro-4-hydroxyphenylarsonsäure pro kg Futter beziehungsweise 90 mg Arsanilsäure pro kg Futter stieg der Arsengehalt im Muskelfleisch von 30 μ % - 50 μ % As in Fleischtrockensubstanz auf 50 μ % - 70 μ % As. Bei der Leber zeigte sich eine Erhöhung von 20 μ % - 50 μ % auf 280 μ % - 410 μ % As in Lebertrockensubstanz. Da der Arsengehalt im Fleisch bei Abbruch der Arsenzufuhr mit dem Futter eine Woche vor der Schlachtung auf das Niveau arsenfreier Fütterung absinkt - in

der Leber bleibt eine Arsenanreicherung noch länger (2 Wochen) nachweisbar -, schließen die Autoren eine Giftwirkung unter dieser genannten Bedingung aus. Sie werfen jedoch die Frage auf, ob nicht aus grundsätzlichen Erwägungen wesensfremde Substanzen als Futterzusatz zu verbieten seien.

HÜNI hielt über seine Forschungen einen Vortrag, bei dessen Diskussion die Bemerkung fiel, daß in Amerika laut Bestimmung die Arsenzugabe zum Futter 5 Tage vor der Schlachtung abgesetzt werden müsse, daß aber diese Bestimmung nur auf dem Papier stehe.

VALLEE und Mitarbeiter (1960) nennen den Arsengehalt im Gewebe von Tieren, falls wie eben angegeben verfahren wird, mit maximal 265 μ g%. Da von MOREHOUSE (1949) ein stimulierender Effekt von 3-Nitro-4-hydroxyphenylarsonsäure (= 3 N4HPA) auf das Wachstum des Geflügels nachgewiesen wurde und von CARPENTER (1951) dasselbe für Schweine demonstriert wurde, befaßten sich KERR und Mitarbeiter (1962) mit der möglichen menschlichen Gefährdung durch den Gebrauch von 3N4HPA im Geflügel- und Schweinefutter. Sie fanden bei normaler Dosierung keine Schäden an den Versuchstieren.

KERR u. a. (1962) geben den normalen Arsengehalt in Hühnchen, Trut- hähnern und Schweinen wie folgt an (Tabelle 33):

Tabelle 33: Normaler Arsengehalt in tierischen Organen (As in $\mu\%$)

Tierart	Gewebe	Zahl der Proben	Mittelwert in $\mu\%$ As
Hühnchen	Beinmuskeln	60	15 ($\pm$ 19)
	Leber	59	18 ($\pm$ 14)
	Niere	4	59 ($\pm$ 12)
Truthahn	Beinmuskeln	27	7 ($\pm$ 5)
	Leber	33	16 ($\pm$ 10)
	Niere	3	16
Schwein	Beinmuskeln	3	0
	Leber	11	12 ($\pm$ 15)
	Niere	10	3 ($\pm$ 1)

Daher wird der Normalgehalt an Arsen im tierischen Gewebe mit 10 - 20 $\mu\%$ As angenommen. Die Werte wurden mit der von CASSIL und WICHMANN (1939) angegebenen Methode ermittelt.

MASEK und Mitarbeiter (1965) untersuchten die Kuhmilch in der Ostrauer Gegend (CSSR), einem ausgesprochenen Schwerindustrie-Gebiet, auf ihren Arsengehalt. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 34.

Tabelle 34: Arsenmengen in der Trockenmasse der Kuhmilch (As in $\mu\%$)

Entnahme	Ort		
	PO	BA	HE
	Arsen in der Trockenmasse der Milch in $\mu\%$		
25. 2. 1963	0,00	9,15	-
25. 3. 1963	0,00	-	7,82
22. 4. 1963	0,00	11,58	7,09
31. 5. 1963	0,00	15,--	10,80
15. 7. 1963	0,00	15,24	-
2. 9. 1963	0,00	15,20	10,00
23. 9. 1963	0,00	9,55	0,00
21. 10. 1963	0,00	9,00	-
17. 12. 1963	0,00	15,40	10,40
Durchschnitt	0,00	12,52	7,69

Die Bestimmung erfolgte mit der Methode nach VASEK und SEDIVEC, die Werte stellen offenbar reines Arsen (As) dar. Die Proben stammten von jeweils 6 Kühen.

PO wird als Ort mit verhältnismäßig sauberer Luft angegeben, die Orte BA und HE waren stärker von Staubbiederschlag betroffen. Die Tabelle 35 zeigt zum Vergleich den arsenhaltigen Staubbiederschlag in den genannten Orten.

Tabelle 35: Staubbiederschlag in kg/km^2 pro Jahr verschiedener Orte

Ort	1962	1963
	Arsen in kg pro km^2 im Jahr	
PO	0,00	0,00
BA	51,8	33,0
HE	-	10,0

Die gefundenen Mittelwerte von 12,52 $\mu\%$ bzw. 7,69 $\mu\%$ in der Kuhmilch übersteigen bei weitem die maximal zulässigen Mengen, welche in dem Vorschlag der Ersten Internationalen Konferenz von der deutschen Akademie für Landwirtschaftswissenschaften (1960 in Berlin) aufgeführt sind. Hier wurde sowohl für Arsen in Lebensmitteln tierischer Herkunft als auch für Milch die Null-Grenze festgelegt (der Autor zitiert H AIS (1961)). Nach MASEK (1965) ist die Gefahr der Intoxikation durch Arsenverbindungen für direkte Milchverbraucher am größten, während durch die Vermischung der Milch aus verschiedenen Orten in der Molkerei eine Verdünnung der toxischen Stoffe für andere Personen herbeigeführt wird.

MARSHALL u. a. (1963) hatten an acht Kühen über einen Zeitraum von 126 Tagen Arsenmengen von 0 (= 2 Kontrolltiere) bis 25,9 mg/100 kg Körpergewicht verfüttert.

Alle Milchproben wurden analysiert und zeigten Werte unter 5 $\mu\%$ As. Angaben über die Art der Nachweismethode sind nicht gemacht.

MONIER-WILLIAMS (1949) fand hohe Arsenwerte in Seefischen und zwar nennt er für:

Austern		0,3 - 1 mg $\%$ As
manche Schalentiere, besonders		
Muscheln	mehr als	12 mg $\%$ As
Krabben	mehr als	17 mg $\%$ As
Hummer		7 mg $\%$ As

Nähere Angaben, wie diese Werte ermittelt wurden, sind nicht gemacht.

DEMOLL (1957) weist darauf hin, daß Krebse in ihren Magentaschen

Gifte deponieren, die nicht in ihren Körper gelangen dürfen. Es ist also möglich, mit Krabben Gifte wie zum Beispiel Arsen zu sich zu nehmen.

Der Arbeit von COVELLO (1960) ist Tabelle 36 entnommen. Sie zeigt die maximalen Mengen an Arsen, die nach Meinung einer Kommission von Experten aus Frankreich in Nahrungsmitteln animalischen Ursprungs noch für normal gehalten werden dürfen.

Tabelle 36: Maximale Arsenwerte, die in Lebensmitteln tierischer Herkunft noch zulässig sind (As in $\mu\%$)

		$\mu\%$ As	
Milch	5		pro Frischsubstanz
Fleisch	10	"	"
Eier	10	"	"
Öl, Fett	10	"	"
Fische	50	"	"
Muscheln, Krebse	50	"	"
Käse	50	"	Trockensubstanz

In England ist auf Empfehlung des "Food Standards Committee" der zulässige Arsengehalt in Nahrungsmitteln auf 100 $\mu\%$ festgelegt worden; in Amerika liegt die Grenze bei 260 $\mu\%$ (SCHROEDER und BALASSA (1966)). Nicht erwähnt ist, ob diese Werte As oder As_2O_3 darstellen.

SCHROEDER und BALASSA (1966) haben eine sehr detaillierte Untersuchung über den Arsengehalt in den einzelnen, alltäglichen Nahrungsmitteln durchgeführt (siehe Tabelle 37, 42, 45 und 48). Sie zeigen, daß der in Großbritannien gesetzlich festgelegte Maximalgehalt an Arsen in Nahrungsmitteln (100 $\mu\%$) bei allen Nahrungs-

mitteln aus dem Meer überschritten wird, in 2 Fällen trifft dies auch bei Fleisch, in einem Fall bei Frühstücksmehlspiese und bei alltäglichem Salz zu. Der in Amerika gültige Arsenmaximalwert in der Nahrung liegt bei 260 μ %. Auch er wird bei 3 Nahrungsmitteln aus dem Meer und bei Salz überschritten. Nahrungsmittel pflanzlichen Ursprunges enthalten dagegen nur wenig Arsen. Die Bestimmung des Arsens erfolgte mit der Methode von SANDELL, modifiziert nach EVANS und BANDEMER, also einer Modifikation der Molybdänblau-Methode. Die Werte beziehen sich auf Frischgewicht, nicht angegeben aber ist, ob es sich bei diesen Werten um As oder As_2O_3 handelt.

Tabelle 37: Arsen in Nahrungsmitteln (Naßgewicht) (Arsen in μ %)

<u>Fische und Seenahrung</u>	μ %	<u>Fleischsorten</u>	μ %
Schellfisch	217	Rindfleisch, gedämpft	130
Großfische	886	Schweinelende	6
Austern frisch	290	Schweineleber, Nr. 1	107
Austern gefroren	270	Schweineleber, Nr. 2	140
Kammuschel	167	Schweinenieren	0
Garnelle	150	Lammkotelett	35
Garnelleschalen	1530	Hühnerbrust	0
Speisemuscheln	252	Gelatin	11
Seemuschneln	310	Eilecithin	0
Seemuschneln getrocknet, ganz	563		
Mittelwert	464	Mittelwert	49

Nach SCHROEDER und BALASSA (1966) beträgt der Arsengehalt (bezogen auf Frischgewicht) in Kodensmilch 17 μ %, in Trockenmagermilch 0 μ % und in ungesalzener Butter 23 μ % Arsen.

SCHROEDER und BALASSA (1966) haben eine normale Nahrung für einen Tag zusammengestellt und den Arsengehalt darin errechnet. Nahrungsmittel aus dem Meer wurden nicht in der Nahrung verwendet (siehe Tabelle 38). Man kann demnach also annehmen, daß der Mensch pro Tag etwa 400 μ g Arsen zu sich nimmt.

Tabelle 38: Arsen in einer herkömmlichen Nahrung

	Naßgewicht (g)	μ % Flüssigkeit	μ % Trockennahrung	insgesamt (μ)
Frühstück	766	6	23	46,0
Mittagessen	861	34	185	292,7
Abendessen	899	8	42	71,9
insgesamt	2526			410,6
Mittelwert		16	83	

GAUTIER und CLAUSMANN (1900) geben die täglich vom menschlichen Organismus in der Nahrung aufgenommene Arsenmenge mit 0,02 mg an.

Die folgenden drei Tabellen 39, 40 und 41 geben eine Zusammenfassung der Arsenwerte in Fischen, Muscheln und Krebsen, in Fleisch und in Milch bzw. Milchprodukten wieder, so wie sie von den einzelnen Autoren festgestellt wurden.

Tabelle 39: Normaler Arsengehalt in Fischen, Muscheln und Krebsen
(in γ %)

Angabe als	As	As	?
Nahrungsmittel	Monier-Williams (1949)	Covello (1960)	Schroeder u. a. (1966)
Land	USA	Italien	USA
Schalentiere	300 - 1000		
Muscheln	12000	zulässig	
Krabben	17000	50	
Hummer	7000		
Schellfisch			217
Eroßfische		Fische,	886
Austern, frisch		zulässig:	290
Austern, gefroren		50	270
Kammuschel, frisch			167
Garnele, frisch gefror.			150
Garnelenschalen			1530
Speisemuscheln frisch	gefr.		252
Seemuscheln, frisch			310
Seemuscheln, getrockn.			563

Tabelle 40: Normaler Arsengehalt in Milch und in Molkereiprodukten
(in μ %)

Angabe als	As	As	As	As	?
Nahrungsmittel	Covello (1960)	Hais (1961)	Marshall (1963)	Masek (1965)	Schroeder u. a. (1966)
Land	Italien	CSSR?	USA	CSSR	USA
Milch	zul. 5	0	5	0-12,52	
Käse	50				
Kondensmilch					17
Trockenmagermilch					0
ungesalz.Butter					23

Tabelle 41: Normaler Arsengehalt im Fleisch (in $\mu\%$)

Autor	Nahrungsmittel	Arsengehalt	Angabe als	Land
Covello (1960)	Fleisch	zulässig 10	As	Italien
	Eier	" 10		
	Öl, Fett	" 10		
Vallee u. a. (1960)	Fleisch	265	?	USA
Voigt u. a. (1960)	Rinder: Fleisch	0,3 - 18,9	As	Deutsch- land
	Leber	0,6 - 18,1		
		zulässig bis 30		
Kerr u. a. (1962)	Hühnchen: Bein	60	As	USA
	Leber	59		
	Niere	4		
	Truthahn: Bein	27		
	Leber	33		
	Niere	3		
	Schwein: Bein	3		
	Leber	11		
	Niere	10		
	Mittelwert f. Fleisch	10 - 20		
Hüni u. a. (1963)	Fleisch	30 - 90	As	Schweiz
	Leber	20 - 410		
Miklovich (1965)	Rindfleisch nach Motschlachtung	zulässig bis 300	As	Ungarn
Schroeder u. a. (1966)	Rindfleisch, gedämpft	130	?	USA
	Schweinelende	6		
	Schweineleber Probe 1	107		
	Schweineleber Probe 2	140		
	Schweinenieren	0		
	Lammkotelett	35		
	Hühnchenbrust	0		
	Gelatine	19		
	Eilecithin	0		
	Mittelwert (Fleisch)	49		

b) Arsen in Nahrungsmitteln pflanzlicher Art

In der Landwirtschaft werden bzw. wurden (in Deutschland seit 1942 verboten) vielfach arsenhaltige Insektizide zur Schädlingsbekämpfung versprüht. Dabei bestehen zwei Gefahren:

- a) es kommt zu einer Anreicherung von Arsen im Boden und so durch Aufnahme durch die Pflanze zu einem erhöhten Arsengehalt in der Nahrung
- b) es bleiben Rückstände dieser Spritzmittel am Obst haften und können so in den menschlichen Organismus gelangen.

Was die erste Möglichkeit betrifft, so kommen VALLEE u. a. (1960) zu dem Schluß, daß man zwar in Pflanzen, die auf stark arsenhaltigem Boden gewachsen sind, geringe Mengen von Arsen nachweisen kann, aber selten in solchen Mengen, daß sie ein Risiko für den Menschen darstellen können.

Handelsüblicher 20 %iger Superphosphat Kunstdünger ("Armour") enthält 475 μ g % Arsen (SCHR OEDER und BALASSA (1966)). In der Tabelle 42 zeigen die eben genannten den Vergleich zwischen Früchten, die auf nicht mit Superphosphat gedüngtem Boden gewachsen sind und solchen von Böden, die reichlich Superphosphat erhielten. Vier Getreidearten nahmen von dem mit Phosphaten gedüngten Boden weniger Arsen auf als bei dem nicht gedüngten; Roggen und Mais enthielten kein Arsen. Andererseits enthielten 8 Fruchtarten vom gedüngten Boden mehr Arsen als vom Vergleichsboden, 2 enthielten weniger und 4 nahmen von beiden Böden kein Arsen auf.

Tabelle 42: Arsen in pflanzlichen Nahrungsmitteln, gewachsen mit Superphosphat (Naßgewicht) (Arsen in $\mu\%$)

Nahrungsmittel	Kontrolle $\mu\%$	Superphosphat $\mu\%$
20 % Superphosphat	-	475
Felderde (Getreide)	99	99
Gartenerde (Gemüse)	285	285
<u>Getreide</u>	17	-
Winterweizen, Saat	17	-
Winterweizen	240	140
Winterroggen	-	-
Buchweizen	130	73
Mais	-	-
Gerste	85	-
Hirse	103	71
Mittelwert	93	47
<u>Gemüse</u>	-	-
Buschbohnen	-	-
Lima Bohnen	-	-
Grüne Bohnen	9	29
Salat	27	66
Petersilie	130	120
Spinat	110	76
Karotten	74	12
Kartoffeln	13	-
Beete	-	-
Weißer Zwiebeln	18	43
Rote Zwiebeln	14	52
Aubergien	-	15
Aubergien-Blätter	n. b.	69
Grüner Pfeffer	n. b.	27

Kürbisart, Sommer	3	9
Kürbisart, Butterblume	-	3
Kürbisart, Winter	-	19
Tomaten	-	-
Melonenart	n. b.	11
Rosenkohl	n. b.	9
Mittelwert	25	28

n. b. = nicht bestimmt

Zu dem Punkt bezüglich der Rückstände von Spfitzmitteln auf Obst meint VALLEE u. a. (1960), daß bei der Besprühung von Obst mit Bleiarsenarten Rückstände von Arsen zwischen 1 - 2 mg pro Apfel gefunden werden können. Diese Rückstände können jedoch durch eine Waschung in einer Säure beseitigt werden. FREUND (1956) weist jedoch darauf hin, daß Obst oft ungewaschen verzehrt wird. Auf jeden Fall trifft für Trauben, die vergoren werden, zu, daß sie nicht gewaschen werden. KOELSCH (1958) gibt für den Arsengehalt im Wein, Süßmost und in Beerenauslese Werte zwischen 361 μ % As (Jahrgang 1937) und 1136 μ % As (Jahrgang 1935) an. 48 μ % von 336 Weinproben von dem Jahr 1938 wiesen Arsenmengen über 500 μ % As auf. Zum Vergleich sei die oberste Grenze für den Arsengehalt von Trinkwasser genannt, die vielleicht noch unschädlich ist, nämlich 200 μ % = 2 mg/l As (FREUND (1956)). KOELSCH (1958 a) nennt dagegen 100 μ % As als oberste Grenze.

SCHLAPP (1949) berichtet von Vergiftungen durch arsenhaltigen Spinat.

In Deutschland ist aus diesen Gründen die Verwendung von arsenhaltigen Spritzmitteln seit 1942 verboten (KOELSCH (1958 a), DENNIC (1966)).

Die folgende Tabelle ist der Arbeit von DOMANGE (1953) entnommen. Sie zeigt den Arsengehalt einiger Nahrungsmittel pflanzlicher Art.

Tabelle 43: Normales Arsen in den Nahrungsmitteln pflanzlichen Ursprunges (Mittelwert)(As in $\mu\%$)

	$\mu\%$ As	
Schwarzbrot	0,8 - 2	pro Trockensubstanz
Weißbrot	1 - 3	" "
Mais	2,5	" "
Getreide, Gemüse	1 - 3	" "
Marmelade	2 - 5	" "
Kartoffeln	1	" Frischsubstanz
Birnen	2,5	" "
Äpfel	1 - 2,7	" "
Lattich	4,5	" "
Blumenkohl	5	" "
Wein	0,25- 1	" "
Bier	0,01-2,8	" "

COVELLO (1960) führt in der Tabelle 44 die Maximalwerte an, die von einer Kommission in Frankreich als Grenze für Arsen in Nahrungsmitteln pflanzlichen Ursprungs genannt wurden.

Tabelle 44: Maximal zulässige Arsenwerte in verschiedenen Nahrungsmitteln pflanzlicher Art (As in $\mu\%$)

Getreide	100 $\mu\%$ As pro Trockensubstanz
Gemüse	100 $\mu\%$ As " "
Obst, Marmelade	100 $\mu\%$ As " "
Zucker	100 $\mu\%$ As " "
Obstsäfte	30 $\mu\%$ As " Frischsubstanz
Wein, Bier	20 $\mu\%$ As " "

In den Vereinigten Staaten ist für den Arsengehalt von Früchten und Pflanzen, die für den Handel bestimmt sind, die Grenze mit 140 μ % angegeben (VALLEE u. a. (1969)). Die Autoren erwähnen aber nicht, ob es sich dabei um reines Arsen (As) oder eine Arsenverbindung wie As_2O_3 handelt.

SCHROEDER und BALASSA (1966) haben in Nahrungsmitteln pflanzlicher Art mit Hilfe der Molybdänblau-Methode folgende Arsenwerte festgestellt (Tabelle 45).

Tabelle 45: Arsen in Nahrungsmitteln pflanzlicher Art (Frischgewicht)
(Arsen in μ %)

<u>Getreide und Gemüse</u>	μ %	<u>Gemüse</u>	μ %
Weizen, ganz	17	Karotten	-
Roggen, Saat	16	Erbsen, getrocknet	9
Mais	11	Erbsen, frisch	-
Maismehl	78	Tomaten, frisch	-
Maisöl	-	Aubergien	82
Maisöl-Lecithin	-	Ingwer	-
Reis, Madagaskar	48	<u>Obst</u>	
Reis, USA	13	Äpfel	-
Puffreis	160	Orangen	-
Kollegs Kornflocken	66	Birnen	-
Baumwollsaamen-Öl	-	Weintrauben, wild	17
Beete	-	Kakao	59
Runkelrüben	24	Kaffee	-
Rübenart	56	Tee	89
Rhabarber	48	Würfelzucker	10
Roter Pfeffer	6	Zucker	-
Knoblauch, frisch	24		
Kirschtomaten	37		
Gelbbirnentomaten	10		
Rübe	-		
Pilze	290		
Sojabohnen-Lecithin	-		

Die Werte beziehen sich auf Frischgewicht. Nicht angegeben ist, ob es sich dabei um As oder um As_2O_3 handelt.

In der folgenden Tabelle 46 sind die Arsenwerte in verschiedenen Nahrungsmitteln, so wie sie die einzelnen Autoren angeben, zusammengefaßt. Aus Tabelle 42 sind dabei die Werte von den Nahrungsmitteln übernommen, die auf normalem, nicht mit Superphosphat gedüngtem Boden gewachsen sind.

Tabelle 46: Arsengehalt in Nahrungsmitteln pflanzlicher Art (in $\mu\%$)

Land	Frankreich	Italien	USA
Angabe als	As	As	?
Nahrungsmittel	Domange (1953)	Covello (1960)	Schroeder u. (1966)
<u>Getreide</u>	1 - 3	zulässig 100	-
Winterweizen, Saat			17
Winterweizen			240
Winterroggen			0
Buchweizen			130
Mais	2,5		11
Maismehl			78
Maisöl			0
Maisöl-Lecithin			0
Gerste			85
Hirse			105
Roggen, Saat			16
Reis, Madagaskar			48
Reis, USA			13
Puffreis			160
Kornflocken (Kolleg's)			66
Baumwollsaamenöl			0
<u>Gemüse</u>	1 - 3	zulässig 100	
Beete			0
Runkelrüben			24
Rübenart			56
Rhabarber			48
Roter Pfeffer			6
Knoblauch, frisch			24
Kirschtomaten			37
Gelbbirnentomaten			10

Land	Frankreich	Italien	USA
Angabe als	As	As	?
Nahrungsmittel	Domange (1953)	Covello (1960)	Schroeder u. a. (1966)
Rübe			0
Pilze			290
Sojabohnen			0
Buschbohnen			0
Limabohnen			0
Grüne Bohnen			9
<u>Salat</u>			27
Petersilie			123
Spinat			110
Karotten			74
Kartoffeln	1		13
Weißer Zwiebeln			18
Rote Zwiebeln			14
Aubergien			82
Kürbisarten			0 - 3
Erbsen, getrocknet			9
Erbsen, frisch			0
Ingwer			0
Blumenkohl	5		
Lattich	4,5		
<u>Obst</u>	1 - 2,7	zulässig 100	
Äpfel	1 - 2,7		
Orangen			0
Birnen	2,6		0
Weintrauben (wild)			17
Obstsäfte		zulässig 30	
Wein	0,25 - 1	zulässig 20	
Bier	0,01 - 2,8	zulässig 20	
Marmelade	2 - 5	zulässig 100	

Land	Frankreich	Italien	USA
Angabe als	As	As	?
Nahrungsmittel	Domange (1953)	Covello (1960)	Schroeder u. (1966)
Zucker		zulässig 100	
Schwarzbrot	0,8 - 2		
Weißbrot	1 - 3		
Würfelzucker			10
Kakao			59
Kaffee			0
Tee			89

c) Arsen in Flüssigkeiten (Wasser, Genußmittel)

DURFOR und BECKER (1964) untersuchten spektrographisch das Wasser von den 100 größten Städten der Vereinigten Staaten, fanden aber kein Arsen. Analysen von Leitungswasser in 148 Stadtbezirken der Vereinigten Staaten zeigen einen Arsengehalt von 10 - 100 ppb, gewöhnlich 10 ppb, in einigen Fällen auch nur von 6 - 7 ppb. (SCHROEDER und BALASSA (1966)). Der höchste Arsengehalt im Wasser, den SCHROEDER und BALASSA (1966) fanden, war in einem sehr salzhaltigen Wasser, nämlich 198000 - 243000 ppb. Auf die Affinität des Arsens zu Salzwasser führen sie auch den hohen Arsengehalt im Tafelsalz zurück. Die übliche tägliche Arsenaufnahme durch Wasser in den Vereinigten Staaten geben sie mit 10 - 20 μ g an.

Nach KOELSCH (1958 a), der sich auf Untersuchungen von SCHWARZ stützt, genügen im Trinkwasser mehr als 100 μ % As, um nach Jahresfrist eine chronische Vergiftung zu erzeugen; FREUND (1956) nimmt die Grenze mit 200 μ % As an, VALLEE (1965) mit 0,3 mg As/Tag.

Das Thermalwasser in den Badeanlagen von Levico-Vetriolo in Italien hat einen Arsengehalt von 600 μ % As ("starker" Typ) und 6 μ % As ("schwacher" Typ) (GERIN (1956)).

EVERS (1963) mahnt zur Zurückhaltung mit Arsen-Trinkkuren im Rahmen der Balneotherapie.

Nach VALLEE u. a. (1960) zeigt Frischwasser nur in wenigen isolierten Gebieten der Erde auffallende Arsenmengen, jedoch kann es zu endemischen Vergiftungen kommen, wenn Frischwasser durch Arsen verunreinigt wird. So etwas geschah in Cordoba in Argentinien (FREUND (1956), BRAUN (1956), BERGOGLIO (1964)) und in Reichenstein (Schlesien). Arsenreiche Schlackenhalde bei der Goldgewinnung waren bei letztgenanntem

Ort die Ursache für die As-Verseuchung des Trinkwassers (FREUND (1956)). Man fand im Liter Trinkwasser bis zu 15 mg As = 1500 $\mu\%$ (JANULA (1965)). PLANQUES u. a. (1960) wiesen in einem Falle einer chronischen Arsenintoxikation bei 5 Mitgliedern einer Familie - in dem Brunnenwasser, aus dem die Personen ihr Trinkwasser bezogen, einen Arsengehalt von 1400 $\mu\%$ As nach. Der Boden um den Brunnen enthielt an zwei Stellen 6000 $\mu\%$ As, unlöslich in Wasser, aber löslich in Säuren und 100 $\mu\%$ in Wasser lösliches Arsen. Der Brunnen ist also wahrscheinlich infolge Auslaugen der wasserlöslichen Arsenverbindungen durch Regenwasser verseucht worden. Da auch Kupfer gefunden wurde, nehmen die Autoren an, daß Cuproarsenischer Brei, der zufällig auf den Boden (der Brunnen lag in einem Weinberg) gestreut wurde, die Ursache war. Die Autoren haben nicht angegeben, nach welcher Methode sie die Arsenwerte bestimmt haben.

Der hohe Arsengehalt in Weinen, der vor dem Verbot arsenhaltiger Insektizide im Weinbau vorzufinden war, wurde schon früher erwähnt. KOELSCH (1958 a) hat errechnet, daß bei einer Arsenzufuhr von nur 3 mg/Liter die Arsenmenge pro Jahr 3,28 g As beträgt, in zehn Jahren also 32,58 g As. Der "Haustrunk" der Winzer enthielt aber oft mehr als 3 mg As/L.

Durch Verwendung arsenhaltigen Glycerins bei der Likörbereitung und mit Arsen verunreinigter Schwefelsäure bei der Herstellung von Invertzucker aus Rohrzucker (und so indirekt bei der Biererzeugung), kann es ebenfalls zu beträchtlichen Steigerungen des Arsengehaltes dieser Getränke kommen. So hatte das Bier bei der 1900 in Manchester aufgetretenen Massenendemie (4000 Erkrankte mit 300 Todesfällen) einen Arsengehalt von 500 $\mu\%$ As, also das doppelte der für Trinkwasser zugelassenen Menge (FREUND (1956)). SATTERLEE (1960) führt den hohen Arsengehalt in diesem Bier auch noch auf die spezielle Zubereitungsart englischen Bieres zurück.

BOYLEN u. a. (1967) zeigen in Tabelle 47 den Arsengehalt einiger Getränke, wobei aber nicht genannt ist, ob es sich dabei um As oder um As_2O_3 handelt. Zur quantitativen Bestimmung diente die kolorimetrische Auswertung der Farbreaktion zwischen AsH_3 und Silberdiäthylthiocarbamat.

Tabelle 47: Arsen in alkoholischen Getränken (Arsen in $\mu\%$)

Proben	Zahl der Proben	Arsen in $\mu\%$
Wein	7	2 - 8
Whisky	6	2 - 7
Bier	6	2 - 20

Seine Werte sind weit unter den von ihm zitierten Angaben von französischen Heimbrauereien oder solchen, die Zucker verwendeten, der hergestellt wurde mit Schwefelsäure, die aus Pyrit (= Schwefel-Eisenkies) gewonnen wurde (Werte zwischen 0,2 bis 890 $\mu\text{g}\%$).

SCHROEDER und BALASSA (1966) haben folgende Arsenwerte mit Hilfe der Molybdänblau-Methode in verschiedenen Nahrungsmitteln festgestellt (Tabelle 48). Es fehlt aber die Angabe, ob es sich um As oder um As_2O_3 handelt.

Tabelle 48: Arsengehalt verschiedener Nahrungsmittel (Arsen in $\mu\%$)

Nahrungsmittel	$\mu\%$ As
Tafelsalz	271
Meersalz	283
Brunnen-, Leitungswasser	57
Brunnenwasser, doppelt deionisiert	51

Tabelle 49 zeigt eine Übersicht über den Arsengehalt in Flüssigkeiten (Wasser, Genußmittel) und in Salz, entsprechend den Angaben der bisher genannten Autoren.

Tabelle 49: Arsengehalt in Flüssigkeiten (Nahrungs- und Genußmittel) in ‰

Autor	Angabe als	Land	Wasser	Bier	Wein	Whisky	Salz
Domange (1953)	As	Frankreich	Thermal- wasser 6-600	0,01-2,8	0,25-1		
Gerin (1956)	As	Italien					
Freund (1956)	As	Deutschland		verun- reinigt 400			
Koelsch (1958)	As	Deutschland		zulfassig 20	361-1136		
Covello (1960)	As	Italien			zulfassig 20		
Planques u. a. (1960)	As	Frankreich	verunreinigt 1400				
Durfor u. a. (1964)	As	USA	0				
Janula (1965)	As	CSSR	verunreinigt 1500				
Schroeder u. a. (1966)	?	USA	51-57				271-283
Boylan u. a. (1967)?		USA		2 - 20 verunr. 200-890000	2 - 8	2 - 7	

3. Arsenwerte im Körper nach entsprechender Nahrungsaufnahme

Manche Nahrungsmittel, vor allem Meerfische, enthalten - wie früher schon erwähnt - relativ viel Arsen. Wie SCHRENK und SCHREIBEIS (1958) in Versuchen zeigen konnten, erhöht sich der Arsengehalt (As) im Urin nach Verzehr solcher Fische manchmal recht bedeutend (Tabelle 51), kehrt jedoch relativ bald zur Norm zurück (Figur 9). Bei Genuß von Hummerschwanz fanden die Autoren einen Mittelwert von 135 μ % As im Urin, während der Arsengehalt im Urin bei Vergleichspersonen, die nicht Meerfische gegessen hatten, nicht über 9 μ % As hinausging. Die Ermittlung der Werte erfolgte mit der Molybdänblau-Methode.

Auf die Untersuchungen von SCHRENK und SCHREIBEIS (1958) wird im folgenden näher eingegangen. Die Autoren haben einer Gruppe von Arbeitern verschiedene Arten von Seefisch zu essen gegeben und die Arsenwerte, die sie im Urin vor der Nahrungsaufnahme fanden, mit denen nach dem Essen verglichen. Gleichzeitig stellten sie dieser Gruppe von Arbeitern eine andere gegenüber, die keinen Seefisch gegessen hatten. Die Werte, die sich so ergaben, sind in Tabelle 50 aufgeführt.

Tabelle 50: Vergleich von Gruppen von Arbeitern, die verschiedene Sorten von Seefischen gegessen haben und solchen, die keine Seefische gegessen haben. (As in %)

Personen, die Seefisch gegessen haben				Personen, die keinen Seefisch gegessen haben		
Zahl der Personen	Art des Seefisches	Ar-seengehalt im Urin As in %		Arsengehalt im Urin As in %		
		Vorstest	Bereich von	Mittelwert	Zahl der Personen	Bereich von Mittelwert
3	Muschelgericht	-	41-62	52	15	6 - 16 9
3	Heilbutt	-	20-38	29	20	? - 14 -
2	Hummerschwanz	-	120 & 150	135	18	? - 10 -
1	Fisch-Mittag- und Abendessen	6	70	-	-	- -
4	Fisch	5	11-14	13	11	2 - 7 5
5	Fisch	4	12-36	22	11	4 - 8 5
7	Garnale oder Fisch	4	5-16	12	8	4 - 5 4
5	Hummer oder Lachs	7	8-25	13	10	4 - 7 5
5	Kammuscheln oder Fisch	5	9-26	17	9	4 - 6 5
2	Fisch	5	15-15	15	9	4 - 12 7
7	Krabben oder Fisch	5	5-48	21	8	2 - 9 6

Der Arsenmittelwert im Urin betrug vor Nahrungsaufnahme $4 \mu\%$ As bis $9 \mu\%$ As, nach Nahrungsaufnahme (Seefisch) reichte er von $12 \mu\%$ As bis $135 \mu\%$ As. Die beiden höchsten Mittelwerte fand man beim Essen von Hummerschwanz (1,35 mg As) und Muscheln (0,52 mg As).

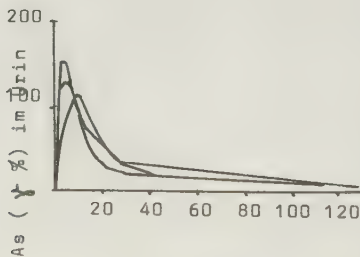
In einem anderen Experiment gaben SCHRENK und SCHREIBEIS (1958) drei Versuchspersonen die in Tabelle 51 genannten Fischarten zu essen und bestimmten die Arsenwerte im Urin vor dem Test und wiederholt im Abstand mehrerer Stunden nach Nahrungsaufnahme.

Tabelle 51: Arsenwerte im Urin nach dem Genuß verschiedener Arten von Seefisch (As in $\mu\%$)

H.H.S.-Heilbutt			L.S.-Seezungenfilet		B.S.-verschiedene Arten von Seefisch	
Zeit	Arsen in $\mu\%$	Zeit	Arsen in $\mu\%$	Datum	Fisch	Arsen in $\mu\%$
Vortest	24	Vortest	12	16. 9.		Vortest 1,6
4 Std.	80	3 1/2 Std.	66	13 Uhr	Weißfisch	4 Std. 5,6
10 Std.	81	11 Std.	78	18 Uhr	Lachs	8 1/2 Std. 5,8
19 Std.	64	18 Std.	26	17. 9.		
				7 Uhr	Thunfisch	14 Std. 6
23 Std.	50	24 Std.	15	12 Uhr	Kammuscheeln	22 Std. 21
50 Std.	36	49 Std.	14	18 Uhr	Heilbutt	28 Std. 15
						34 Std. 39
						43 Std. 31
						50 Std. 11
						72 Std. 11

Man kann erkennen, daß die Arsenspiegel im Urin nach einiger Zeit wieder zu normalen Werten zurückkehrten.

Die graphische Darstellung 9 zeigt die Ergebnisse eines weiteren Versuches, ausgeführt durch SCHRENK und SCHREIBEIS (1958). Die drei Personen H. H. S., B. S. und L. S. aßen Hummerschwanz zum Mittagessen. Die Arsenwerte im Urin betrugen beim Vortest 1 $\mu\%$ As, 5 $\mu\%$ As und 3 $\mu\%$ As. Nach 10 1/2 Stunden nach dem Essen fand man folgende Werte: 102 $\mu\%$ As, 119 $\mu\%$ As und 132 $\mu\%$ As. Nach annähernd 24 Stunden betrugen die Arsenwerte: 39 $\mu\%$ As, 44 $\mu\%$ As, und 39 $\mu\%$ As und nach 48 Stunden näherten sie sich den normalen Grenzen.



BANG (1916) nennt einen Arsenwert im Urin nach Fischnahrung von 78 $\mu\%$ As. Nähere Angaben sind dazu nicht gemacht.

Tabelle 52:

Arsengehalt im Urin nach dem Genuß von Fisch (As in $\mu\%$)	
BANG (1916)	78
SCHRENK u. a. (1958)	12 - 135

Nach SMITH (1962) kann der Arsengehalt im Urin nach Genuß einer Flasche Rotwein einen Wert von 77 $\mu\%$ As erreichen.

4. Arsengehalt in der Luft (ausgenommen Industriegebiete)

In der Zeitschrift "Whats New" (1957) wird über den Arsengehalt in Stadt- und Landluft berichtet. So ergab sich in New York City ein Wert zwischen 0,1 bis 0,4 μ pro 10 Liter ($\approx 0,001 - 0,004 \mu\%$). Verbraucht der "Standard-Mensch" in 24 Stunden 20 Kubikmeter Luft, so kann er möglicherweise 0,66 Milligramm Arsen pro Tag einatmen, das sind im Jahr 241 Milligramm. Auf dem Land (Farm in New Hampshire) fand man etwa 1/10 des Arsengehaltes der Stadtluft. Der Arsengehalt in der Stadt ist hauptsächlich auf die Verbrennung von Erdöl zurückzuführen; er ist kombiniert mit Rauch, Ruß und Teer. Auf dem Lande war der Arsengehalt der Luft vor allem auf Blütenstaub, Insekten-schalen und anderen organischen Detritus zurückzuführen.

Die Werte wurden von SATTERLEE u. a. (1944) nach der von SATTERLEE und BLODGETT (1944) modifizierten GUTZEIT-Methode ermittelt; nicht angegeben ist, ob es sich dabei um As oder As_2O_3 handelt.

VALLEE u. a. (1960) dagegen geben, gestützt auf Literaturangaben, den As-Gehalt an verschiedenen Stellen Englands mit 0,03 μ bis 0,11 μ pro Kubikmeter Luft an, so daß der "Standard-Mensch" 0,38 mg As pro

Jahr einatmet. (Es ist keine Angabe über die angewandte Nachweismethode gemacht).

5 bis 40 mg % As fand man im Staub von Simsen von in Betrieb befindlichen Bushaltestellen und von Eingängen zu Gebäuden, in denen reichlich Kohle verbrannt wurde, wobei der Arsengehalt, im Vergleich mit anderen Elementen, seinem prozentualen Anteil in der Kohle in etwa entsprach (VALLET u. a. (1960). In diesem Zusammenhang sei nochmals auf die Untersuchungen von SMITH (1964) verwiesen, der feststellte, daß Menschen unter gleichen Bedingungen etwa gleich viel Arsen aufnehmen bzw. ausscheiden.

Tabelle 53: Arsengehalt in der Luft (ausgenommen Industriegebiete)
in $\mu\text{g}/\text{cm}^3$

SATTERLEE u. a. (1944)	Stadtluft 10 - 40 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$	Landluft 1 - 4 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$
VALLEE u. a. (1960)	0,03 - 0,11 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$	

5. Arsengehalt in Zigaretten und Tabaken

ENERCAN (1954) hat mit der GUTZEIT-Methode den Arsengehalt im türkischen Tabak und in Zigarettenmischungen festgestellt. Die durchwegs niedrigen Werte, die er fand, sind in Tabelle 54 wiedergegeben.

Tabelle 54: Arsen in "türkischen" Tabak und in Zigarettenmischungen
(As in $\mu\%$)

Fünfzehn Proben aus Ernten von 1949 - 1950			
Zigarettentabak	7,6	-	53,0
Pfeifentabak	7,6	-	53,0
Zigarrentabak	30,3	-	37,9
2 Wasserpfeifentabake	15,1	-	30,3

SATTERLEE (1956) zeigt, daß der Arsengehalt (As) in den amerikanischen Zigaretten von einem Durchschnittswert von 12,6 µg pro Zigarette im Jahr 1932 auf 42 µg in den Jahren 1950 - 1951 angestiegen ist. Dies entspricht mehr als 300 Prozent. In derselben Zeit stieg aber auch die Zigarettenproduktion und der Verbrauch in den USA um 300 Prozent. Das enorme Ansteigen des Arsengehaltes in den Zigaretten führt der Autor auf die vielfache Verwendung arsenhaltiger Insektizide zurück. Dadurch kommt es Jahr für Jahr zu einer Kummulation im Boden und dies führt zu einer "Bodenvergiftung" - er berichtet von 1677200 Morgen betroffenen Ackerlandes (im Durchschnitt), das mit Tabak bepflanzt wird, in dem Zeitraum 1942 - 1951. Die Pflanze nimmt so in erhöhtem Maße Arsen auf. SATTERLEE (1956) fand 1932 - 1934 im amerikanischen Zigarettentabak bei 13 Analysen einen Mittelwert von 1259 µg % As (Typ mit "hohem Arsengehalt") bzw. (bei 10 Analysen) einen Mittelwert von 512 µg % As (Typ mit "mittlerem Arsengehalt"). Demgegenüber fand er in türkischem oder macedonischem Tabak - aus Ländern also, die keine arsenhaltigen Insektizide zur Schädlingsbekämpfung benutzen - bei 3 Analysen nur einen Mittelwert von 215 µg % As (Tabelle 55).

Tabelle 55 zeigt eine Gegenüberstellung des Arsengehaltes (As) von Zigaretten aus den Jahren 1932 - 1934 und den Jahren 1950 - 1951. Gleichzeitig sind Vergleichswerte von verschiedenen Ländern genannt.

Zum quantitativen Arsennachweis diente, ab 1944, die damals von SATTERLEE und BLODGETT modifizierte GUTZEIT-Methode. Wie die früheren Werte ermittelt wurden ist nicht angegeben.

Tabelle 55: Arsengehalt in verschiedenen Tabaksorten in den Jahren 1932 - 1934 und 1950 - 1951 (As in %) - 104 -

1932 - 1934				1950 - 1951			
Ursprungsland	Zahl der Sorten	Zahl der Analysen	Mittlerer Arsengehalt in % As	Ursprungsland	Zahl der Sorten	Zahl der Analysen	Mittlerer Arsengehalt in % As
Typ mit hohem Arsengehalt							
USA (SATTERLEE u. a.)	6	13	1259	USA	3		
USA				England	2		
(GROSS u. a.)	5	20	1753	1950 insgesamt	5	39	4220
USA				USA	3	3	3330
(SATTERLEE u. a.)	6	15	1431	Kanada	1	4	3740
					1	6	4220
					1	3	3630
				Norwegen	1	3	5360
					1	4	4030
Insgesamt	11	35	1615	1951 insgesamt	7	23	4050
Grenzwerte			570 - 2300	1951 - 1952 insgesamt	12	62	4200
Typ mit mittlerem Arsengehalt							
USA				Kanada	1	5	980
(SATTERLEE u. a.)				Australien	1	1	910
Virginia-Türkischer Brand	4	7		Italien	1	6	776
"Nikotinarm"	3	3		Schweiz	1	4	320
Insgesamt	7	10	512	1951 insgesamt	4	16	750
Typ mit geringem Arsengehalt							
USA				Australien	1	3	87
(SATTERLEE u. a.)				Polen	1	5	151
Türkischer oder				Bulgarien	1	4	42
Macedonischer					1	4	27
Zigaretten-Tabak				1951 insgesamt	4	16	80
(aus New York)	3	3	215	Türkischer Zigaretten-Tabak (aus England)			
				Frankreich	1	37	82
				Rhodesien	1		
				1950 - 1951 insgesamt	14	53	81

BAILEY u. a. (1957) haben in 18 Ländern 39 Zigaretten sorten auf ihren Arsengehalt hin untersucht. Dabei zeigt sich eine von West - nach Osteuropa fallende Linie, d. h. Länder im Osten haben weniger As_2O_3 in ihrem Tabak als die mehr westlich gelegenen Staaten. Der Autor führt dies auf den hohen Gehalt an Arsen im amerikanischen Tabak (vergleiche dazu SATTERLEE (1956)) in Westeuropa und auf niedrigen Werte im Tabak in Osteuropa - klassifiziert als "Türkischer Tabak" - und die Vermischung beider Sorten zurück. Allerdings könne man, da der Arsengehalt im amerikanischen Tabak stark abgenommen habe, nicht mehr auf Grund niedriger Arsenwerte sagen, daß ein Tabak in Europa gewachsen sei.

Näher auf die einzelnen Länder eingehend, hebt er den geringen Arsengehalt deutscher und jugoslawischer Zigaretten hervor. Im Vergleich zu den Jahren 1948 - 1949 nahm der Arsengehalt in englischen Zigaretten stark ab, wahrscheinlich als Folge der fortschreitenden Aufgabe arsenhaltiger Insektizide bei der Schädlingsbekämpfung in den USA. Tabelle 56 zeigt die von BAILEY u. a. gefundenen Werte. Es ist nicht angegeben, mit welcher Methode diese ermittelt wurden.

Tabelle 56: Arsengehalt von Zigaretten und Zigarren (As in γ %)

Land	Jahr	Zahl der Proben	Gewicht (g) Mittelwert	Arsengehalt (γ % As) Mittelwert
Zigaretten				
Australien	1950	2	0,99	113,6
Bulgarien	1950	4	0,84	45,4
		4	0,92	27,3
Kanada	1950/	4	1,08	3636,4
	1951	4	1,12	1030,3
		6	1,03	4219,7
		3	1,16	3628,8
		4	1,09	4318,2
Dänemark	1955	3	1,11	6136,4
England	1948/	23	1,12	4106,1
	1949	23	1,00	4015,1
	1956	3	1,03	121,2
	1956	2	1,1	140,1
England	1948/	12	1,01	106,1
"Türkisch"	1949			
Finnland	1954	5	0,45	401,5
Frankreich	1949	2	1,09	75,8
Deutschland	1956	2	1,1	117,4
Griechenland	1951	2	0,99	37,9
Italien	1950	6	0,97	780,3
		1	0,84	0,0
		1	1,15	113,6
		1	0,87	Spuren

Land	Jahr	Zahl der Proben	Gewicht (g) Mittelwert	Arsengehalt (μ % As) Mittelwert
Norwegen	1950	2	1,25	4318,2
		2	1,0	3984,8
Polen	1950	5	1,2	151,5
Rhodesien	1950	2	1,04	166,7
Spanien	1956	3	1,22	242,4
	1956	2	1,12	4242,4
Schweiz	1950	4	0,96	318,1
Türkei	1951	1	1,3	0,0
USA	1950	2	1,02	3333,3
		5	1,05	2113,6
		2	1,09	3522,7
		1	1,17	3863,6
Jugoslawien	1956	1	0,85	79,5
Zigarren				
Dänemark (Zigarillos)	1955	4	1,55	1212,1
England	1956	1	2,01	1954,5
Jamaica	1956	1	5,85	37,9

BAILEY u. a. (1957 a, b) haben Untersuchungen durchgeführt über den Arsengehalt in Asche, Stummel und Rauch von Zigaretten. Sie kamen dabei zu dem Ergebnis, daß von dem Arsen in einer Zigarette ungefähr 7 % bis 18 % sich in Rauch verflüchtigen, da etwa 60 % in der Asche und etwa 25 % im Stummel zurückbleiben.

Wenn ein Stadtbewohner (der Arsengehalt in Stadtluft ist höher als der in Landluft (SATTERLEE u. a. (1944)) pro Tag 20 Zigaretten raucht und - angenommen - dabei nur 10 % des Arsengehaltes jeder Zigarette inhaliert, so nimmt er insgesamt pro Jahr 36,5 mg Arsen (As oder As_2O_3) auf ("Whats New" 1957).

BUECHLEY (1963 a) hat festgestellt, daß bei einem Arsengehalt von 3787,9 μg As (= 50 ppm As_2O_3) in Zigaretten die Menge, die für Nahrungsmittel erlaubt ist, um das 15-fache überschritten ist.

Im Zusammenhang mit dem Arsen in Zigaretten wird immer auch das Problem des Lungenkrebses angeschnitten. In derselben Zeit, in der der Arsengehalt in Zigaretten um 300 % und ebenso die Zigarettenproduktion um 300 % anstieg, stieg auch die Zahl der durch Lungenkrebs verursachten Todesfälle um 200 % bei den Frauen und um 600 % bei den Männern an (SATTERLEE (1956)). BUECHLEY (1963 a, b) geht ebenfalls auf dieses Problem ein. HOLLAND u. a. (1960) haben bei ihrer Untersuchung über den Arsengehalt der Bronchialmucosa und Submucosa bei männlichen Leichen die in Tabelle 15 mit der von SATTERLEE und BLODGETT (1944) modifizierte GUTZIT-Methode gefunden. Alter, Beruf und Rauchgewohnheiten sind mit angegeben. Vergleicht man diese Werte mit denen aus Tabelle 57 (ebenfalls von HOLLAND u. a. (1960)), welche die Werte in Kontrollgeweben zeigt, so sieht man, daß der Durchschnittswert für As in Lungenkrebsgewebe mit 540,9 μg % höher ist als in den entsprechenden Kontrollgeweben (312,9 %). Die Werte beziehen sich auf Untersuchungsmaterial, das bei 60 - 80 ° C getrocknet wurde.

Tabelle 57: Arsengehalt in Bronchialmucosa und Submucosa in Krebsgewebe der Lunge (As in %)

Fall	Alter	Beruf	Rauchgewohnheiten	Arsengehalt
1	69	Eisenbahner	2 - 3 Pckg./Tag	447,0
2	63	Ölarbeiter	2 - 2,5 Pckg./Tag	492,4
3	63	Zimmermann	2 - 3 Pckg./Tag	494,8
4	62	Klampner	1 Pckg./Tag	477,3
5	64	Maler	1,5 Pckg./Tag	507,6
6	46	Arbeiter	unbekannt	174,2
7	71	Eisenbahner	1,5 - 2 Pckg./Tag	1037,8
8	55	Metallarbeiter	3 Pckg./Tag	1015,1
9	62	Tapezierer	2 Pckg./Tag, Pfeife	278,8
10	40	Ingenieur	2 Pckg./Tag	340,9
11	43	Uhrmacher	1 - 1,5 Pckg./Tag	98,5
12	64	Postbeamter	2 Pckg./Tag	590,9
13	53	Geschäftsführer	1 Pckg./Tag	492,4
14	71	Photograph	1 Pckg./Tag, Pfeife, 5 - 6 Zigarren/Tag	1356,1
15	91	Postinspektor	3 - 4 Zigarren/Tag, Pfeife	227,3
Mittelwert	61,1	-	-	540,9

IV. DISKUSSION

Wie aus den Tabellen ersichtlich ist, differieren die angegebenen Normalwerte des Arsens im menschlichen Körper oft beträchtlich. Dies kann von verschiedenen Faktoren abhängen. So haben die einzelnen Autoren unterschiedliche Methoden mit unterschiedlicher Empfindlichkeit und Nachweisgrenze benutzt. Manchmal wurde Arsen in Trockensubstanz, manchmal in Feuchtsubstanz bestimmt. Dies aber kann, umgerechnet auf das Organgesamtgewicht bzw. auf eine Bezugsmenge (z. B. 100 g) zu verschiedenen Resultaten führen.

GRUSZ-HARDAY (1966) ermahnt, bevor man Vergleiche anstellt, solche Faktoren zu berücksichtigen. Voraussetzung für richtige Werte ist selbstverständlich, daß die zur Analyse verwendeten Materialien und Säuren nicht selber mit Arsen verunreinigt sind, was in einem Leerversuch immer erst geprüft werden muß. SATTERLEE (1958) diskutiert zahlreiche Möglichkeiten, die das Ergebnis einer Mikroanalyse von Arsen verfälschen können. So kann es zum Verlust von Arsen bei z. B. instabilen Substanzen und so zu niedrigeren Werten kommen, als sie der Wirklichkeit entsprechen. Erhöhte Werte aber können durch "Arsen im Hintergrund" bewirkt werden. So ist durch Bunsenbrenner, Zigarettenrauch, durch die Ausatmung von Arsen durch die menschlichen Lungen, durch Bakterien, aus den oberen menschlichen Luftwegen und ähnliche Faktoren ein gewisser Arsengehalt in der Atmosphäre vorhanden und kann zu falschen, zu hohen Ergebnissen führen. SATTERLEE (1958) fordert daher, den Platz für ein Labor, bestimmt zur Durchführung von Mikroanalysen von Arsen, mit Sorgfalt auszusuchen, abseits von Bunsenbrennern, Aufenthaltsräumen, belebten Fluren und allem, was mit Rauch zu tun hat. Ferner soll immer der Arsengehalt in der umgebenden Atmosphäre überprüft, das Personal zur Asepsis angehalten, Masken vor

dem Gesicht und Mützen auf dem Kopf während einer Mikroanalyse benutzt und Personen, die mehr als 1 μ g As pro 5l. Ausatemungsluft enthalten, von der Arbeit in solch einem Labor ausgeschlossen werden.

FAZESKAS und RENGEI (1960) vermuten, daß für die verschiedenen geographischen Breiten verschiedene Normalwerte gültig sind, bedingt durch die jeweilige Umwelt (z. B. Erdzusammensetzung).

Der Gesamarsengehalt des Körpers wird heutzutage für forensische Zwecke kaum noch untersucht, da sich, wie GERIN (1956) zeigten konnte, zu viele Fehler einschleichen können. Wichtig dagegen ist die Kenntnis des physiologischen Arsengehaltes in den einzelnen Organen und in den Körperflüssigkeiten. Diese unterliegen zwar oft Schwankungen, bleiben aber doch normalerweise innerhalb gewisser Grenzen. Nur wenn man die normalen Arsenwerte im Körper kennt, kann man aber Rückschlüsse auf etwaige Intoxikationen ziehen. Dabei muß aber sorgfältig überprüft werden, ob nicht ein erhöhter Arsenwert auf Faktoren wie Nahrungsaufnahme von z. B. Seefisch zurückzuführen ist.

Wichtig sind vor allem die maximalen physiologischen Arsenwerte. Orientiert man sich nämlich nur an den Mittelwerten, so kann ein durchaus noch physiologischer, hoher Arsenwert evtl. zu falschen Erwägungen Anlaß geben. In der folgenden Tabelle 58 sind noch einmal die unter physiologischen Bedingungen maximal gefundenen Arsenwerte im menschlichen Organismus zusammengestellt. Mit angegeben ist der Autor, der diesen Wert ermittelte. Selbstverständlich muß diese Zusammenfassung kritisch betrachtet werden, denn die Werte sind mit verschiedenen Bestimmungsmethoden und unter den verschiedensten Bedingungen gewonnen worden, so daß ein Vergleich schwer fällt. Die Tabelle soll auch

nur einen ungefähren Anhaltspunkt geben für die obere Grenze der Norm bei Arsenwerten im menschlichen Körper.

Tabelle 58: Maximale physiologische Arsenwerte im menschlichen Körper
(in %))

Material	Arsengehalt	Angebe als	Autor	Jahr
Gehirn	18	?	Lang	1949
Herz	32	?	Lang	1949
Milz	8,7	?	Billeter u.a.	1923
		?	Rengei	1959
Muskel	26	?	Lang	1949
Nieren	30,3	As	Copeman u.a.	1955
Magen	10,25	As	Bianchi	1961
Pankreas	4,0	As	Gerin	1956
Blut	93	As	Guthman u.a.	1941
Menstruationsblut	1000 *)	As	Canfora	1962
Schilddrüse	13,1	As	Billeter u.a.	1923
Lunge	25	?	Lang	1949
Leber	35	?	Boylan u. a.	1967
	32	?	Lang	1949
Knochen	17	?	Lang	1949
Zähne	6	As	Nixon u. a.	1960
	5,8	As	Smith	1962
Lymphknoten	30,1	As	Sula u. a.	1955
Bronchialmucosa	312,9	As	Holland u. a.	1960
u. -submucosa				
Haut	13	As	Smith	1962
	12,7	As	Oberste-Lehn	
			u. a.	1955
Darm	15	?	Lang	1949
Mageninhalt	4,2	As	Gerin	1956
Darminhalt	7,8-	As	Gerin	1956
Blase	6,1	As	Gerlin	1956

Nägel	400	?	Underwood	1956
		?	Vallee	1960
Haare	bis 300	As	Smith	1962
Achselhaar	8	As	Fazekas u.a.	1960
Schamhaar	9	As	Fazekas u.a.	1960
Urin	200	As	Schrenk u.a.	1958
	260/24 Std.	?	Vallee u. a.	1960
Faeces	3,9	As	Gerin	1956

*) wird angezweifelt

V. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wird der physiologische Arsengehalt des menschlichen Körpers an Hand von Literaturangaben näher diskutiert. Nachdem früher lange Zeit angenommen wurde, Aresen sei kein natürlicher Bestandteil des menschlichen Organismus, steht man heute auf dem Standpunkt, daß es als Spurenelement immer im Körper anzutreffen ist. Die Ursache dafür ist die ubiquitäre Verbreitung dieses Elementes und seiner Verbindungen in der belebten und unbelebten Materie, wodurch der Mensch in dauerndem Kontakt damit steht. Die im Laufe der Jahre verbesserten Nachweismethoden haben wesentlich dazu beigetragen, die geringen Mengen physiologischen Arsens im menschlichen Körper darzulegen. Während man früher oft den Gesamarsengehalt des Körpers zu bestimmen versuchte - dabei wurden einige Organproben auf ihren Arsengehalt hin analysiert und diese Mengen auf den Gesamtorganismus umgerechnet - ist man heute wegen der zu großen Fehlerquellen davon abgekommen. Heute untersucht man vielmehr bei eines natürlichen Todes gestorbenen Personen die einzelnen Organe und gibt ihren Arsengehalt gesondert an. Besonderes Interesse wird auf den physiologischen Arsengehalt der Haare, Nägel, des Blutes und des Urins gelegt, da diese Materialien auch beim Lebenden leicht zu untersuchen sind und so Rückschlüsse auf evtl. Arsenexpositionen erlauben. Als physiologische Arsenwerte werden dabei angegeben:

in den Haaren	0 - 300	µg %
in den Nägeln	0 - 400	µg %
im Blut	1 - 93	µg %
im Urin	0 - 200	µg %
	bzw. 12 - 260	µg /24 Std.

Wichtig sind vor allem die Maximalwerte; Arsenwerte, die niedriger sind, können durchaus noch physiologisch sein.

Da Arsen und seine Verbindungen in der uns umgebenden Umwelt sehr weit verbreitet sind, gibt es viele Möglichkeiten für eine Erhöhung des Arsenspiegels im Körper. An erster Stelle stehen Nahrungsmittel tierischer und pflanzlicher Art und Flüssigkeiten. Die erhöhten Arsenwerte, die darauf zurückzuführen sind, kehren aber bald wieder zur Norm zurück. Auch der Arsengehalt in der Luft, vor allem in Stadtgebieten, in Zigaretten und Tabaken stellt eine dauernde Arsenquelle für den Menschen dar.

Zum Abschluß der Arbeit werden in der Diskussion die mannigfachen Faktoren gestreift, die für die unterschiedlichen Angaben der einzelnen Autoren ursächlich in Frage kommen. Eine anschließende Tabelle gibt noch einmal eine Zusammenfassung der physiologischen Maximalwerte in menschlichen Organen und Körperflüssigkeiten.

- BERGOGLIO, R. M.: Mortalidad por Cáncer en zonas aguas arsenicales de la provincia de Córdoba, República Argentina. Contribution a la patología regional del cáncer. Prensa Med. Argent. 51, 994 (1964)
- BIANCHI, C. M.: Sul contenuto in arsenico dello stomaco umano in condizioni normali e patologiche. Minerva Chir. 16, 279 (1960)
- BILLETER, O. und E. MARFURT: Helv. Chim. Acta 6, 780 (1923)
zit. nach COVELLO (1960)
- BLOEMARDEL: zit. nach COVELLO (1960)
- BOHOSIEWICZ, M. und W. JANOWSKY:
Med. Wet. Warszawa 549 (1957)
zit. nach MIKLOVICH (1965)
- BOURRET, J., A. BADINAUD et F. SERUSCLAT:
Ann. Med. Leg. 33, 144 (1953)
zit. nach COVELLO (1960)
- BOWEN, D. A., T. L. LEWIS and W. R. Edwards:
Acute arsenical poisoning due to acetarsol pessaries.
Brit. Med. J. 5235, 1282 (1961)
- BOYLEN, G. W. and H. L. HARDY:
Distribution of arsenic in nonexposed persons (hair, liver and urine).
Amer. Industr. Hyg. Ass. J. 28, 148 (1967)

- BRAUN, W.: Beruflich bedingte, multiple Arsenkeratosen am Stamm bei Winzern.
Dermatol. Wschr. 137, 468 (1958 a)
- BRAUN, W.: Krebs an Haut und inneren Organen, hervorgerufen durch Arsen; ein Beitrag zu den berufsbedingten As-Spätschäden.
Dtsch. Med. Wschr. 83, 870 (1958 b)
- BRUSTIER, M. M. V., P. BOURBON et R. VIGNES:
Ann. Pharm. Franc. 12, 729 (1953)
zit. nach FAZEKAS ~~et~~ RENGEI (1959)
- BUCHANAN, W. D.: Toxicity of arsenic compounds.
Elsevier Publishing Company - Amsterdam (1962)
- BUECHLEY, R. W.: Cigarettes, arsenic and lung cancer.
Acta Univ. Int. Cancer, 19, 718 (1963)
- CAMP, W. J. R. and V. A. GANT:
Arsenic content of normal hair in the Chicago area.
Fed. Proc. 8, 279 (1949)
- CAMPBELL, G. D.: Arsenobenzene encephalopathy with recovery.
South Afric. Med. J. (Cape Town) 33, 499 (1959)
- CARPENTER: zit. nach KERR, CAVETT and THOMPSON (1963)

- CANFORA, A.: La diagnosi medico-legale di sangue mestruale mediante la ricerca del-1' arsenico.
Minerva Medicoleg. 82, 34 (1962)
- COPEMAN, P. R. v. d. R. and J. C. BODENSTEIN: An investigation of cases of arsenical poisoning.
J. Forens. Med. 2, 196 (1955)
- COVELLO, M.: L'arsenico, veleno di tutti i tempi.
Il Farmaco (Edizione Pratica) 15, 345 (1960)
- CROSSWELL, H. D.: Brit. J. Vener. Dis. 27, 150 (1951)
zit. nach THOMPSON and MARSHALL (1958)
- DAL CORTIVO, L. A., M. CEFOLA and C. J. UMBERGER: The determination of arsenic and antimony in biological material.
Analyt. Biochem. 1, 491 (1960)
- DAVIDOVIĆ, P. M. und G. F. KLOSTERMANN: Experimentelle Untersuchungen über renale Arsenausscheidung unter dem Einfluß von Rutin.
Arch. Dermatol. Syph. 199, 10 (1954)
- DEMOLL, R.: Früchte des Meeres.
Verständliche Wissenschaft, Bd. 64,
Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg
(1957)

- DENNIG, H.: Lehrbuch der inneren Medizin.
Georg Thieme-Verlag, Stuttgart, 7. Aufl.,
Bd. II, S. 616 (1966)
- DEROBER, L. et R. Le BRETON: Ann. Med. Leg. 1, 35 (1951)
zit. nach FAZEKAS ~~es~~ RENGEI (1960)
- DEWAR, W. A. and J. M. A. LENIHAN: Case of chronic poisonings: examination
of tissue samples by activation analysis.
Scottish Med. J. 1, 236 (1956)
- DOEPFNER, R.: Die Indikationen zur Arsen- und Salv-
arsenbehandlung in der Dermatologie.
Med. Klinik 40, 1844 (1959)
- DOMANGE, L.: Mises au point chimie analytique pure
et appliquée et d'analyse bromatologique.
1^{re} série, edit. Masson, Paris (1953)
- DOMONKOS, A. N.: Neutron activation analysis of arsenic in
normal skin, keratoses and epitheliomas.
AMA Archiv. Dermatol. 80, 672 (1959)
- DURFOR, C. N. and E. BECKER: Public water supplies of the 100 largest
cities in the United States.
Geol. Surv. Water-Supply Paper no. 1812,
Washington (1964)

- EVERS, A.: Schäden durch Balneotherapie.
Med. Welt 9, 455 (1963)
- ENERCAN, S.: Tekel. Inst. Raportl. 6, 298 (1954)
zit. nach BAILEY, KENNAWAY and URQUHART (1955)
- FABRE, R., M. Th. REGNIER et P. CHERAMY:
Lecon de Toxicologie, IX. Toxiques minéraux.
Hermann ed., Paris (1945)
- FAZEKAS, I. G. és B. RENGEI: A haj, hónalj- és farszörzet normalis
arzéntartalma nem és életkor szerint.
Kiserl. Orvostud. 12, 151 (1960)
- FERGUSSON, A. G., W. A. DEWAR and H. SMITH:
Arsenic values in various skin diseases
estimated by activation analysis.
A. M. A. Arch. Dermatol. 81, 931 (1960)
- FREUND, F.: Die entzündlichen Hauterkrankungen bei
chronischer Arsenintoxikation.
Wiener Klin. Wechr. 68, 422 (1956)
- FRIEDHEIM, E. A. H. and R. T. De JONGH:
Mel W, a new trypanosomicidal agent
derived from Mel B.
Transact. Royal Soc. Trop. Med. and Hyg.
53, 262 (1959)

- FRIEDHELM, E. A. H.: Le traitement de l'onchocercose au Mal
W. L'activité macrofilaricide.
Bull. Soc. Path. Exot. 57, 952 (1964)
- FROITZHEIM, G.: Arsen und Krebs.
Med. Klin. 54, 71 (1959)
- FÜHNER, H., W. WIRTH und G. HECHT:
Medizinische Toxikologie, E. Aufl. S. 52
Georg Thieme-Verlag, Stuttgart (1961)
- GATTNER, H.: Über chronische Arseneinwirkungen.
Verh. Deutsch. Ges. Inn. Med. 70, 623 (1964)
- GAUTIER, A. e. CLAUSMANN: zit. nach BANCHI (1961)
- GERIN, C.: L'avvelenamento acuto e cronico da arsenico
sotto il riguardo medico-legale.
Acta Med. Leg. Soc., Liège 9, 127 (1956)
- GLAISTER, J.: Medical Jurisprudence and Toxicology.
8^a ed., Livingstone, Edinburg (1945)
- GRAMER, L.: Über eine tödliche perakute Arsenwasser-
stoffvergiftung.
Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg. 13, 601 (1955)
- GREEN: zit. nach COPEMAN and BODENSTEIN (1955)

- GRIFFON, H. et J. BARBAUD: Ann. Pharm. Franc. 9, 545 (1951)
zit. nach COVELLO (1960)
- GRIFFON, H. et Le R. BRETON: Intérêt de l'application de la méthode
utilisant la radio-activité provoquée à
l'étude de l'imprégnation arsenicale des
cheveux dans un cas d'intoxication subaiguë.
J. Med. Bordeaux 5, 766 (1957)
- GRUSZ-HARDY, E.: Arsengehalt des menschlichen Organismus bei
Vergifteten in klinischen und tödlichen
Fällen.
Arch. Toxikol. 22, 164 (1966)
- GUTHMAN, H. und H. GRASS: Über den Arsengehalt des Blutes der Frau
(seine Beeinflussung durch Zyklus, Gestation
und Carcinom).
Arch. Gynäkol. 152, 127 (1932)
- GUTHMAN, H. und HENRICH: Arch. Gynäkol. 172, 380 (1941)
zit. nach THOMA, SCHÖNTAG und KUCHINKE (1955)
- GUTZEIT, G.: zit. nach COPEMAN and BODENSTEIN (1955)
- HAAS, W. H. D. de: Acrodynie door intravaginale tabletten met
acetarsol.
Nederl. Tijdschrift Geneesk. 110, 432 (1966)
- HAIS, K.: zit. nach MASEK (1965)

HANSEN, F. & K. D. MOLLER: zit. nach COVELLO (1960)

HERMAN, F. A.: Canad. M. A. J. 71, 496 (1954)
zit. nach FAZEKAS & RENGEI (1960)

HEYMAN, A., J. B. PFEIFFER, R. W. WILLET and H. M. TAYLOR:
Peripheral neuropathy caused by arsenical
intoxication. A study of 41 cases with
observations on the effects of BAL
(2,3-Dimercapto-Propanol).
New England J. Med. 254, 401 (1956)

HILDEBRANDT, H.: Der gerichtlich-medizinische Nachweis der
wichtigsten Gifte.
August Hirschwald-Verlag, Berlin (1912)

HOLLAND, R. H., A. R. ACEVEDO and D. A. CLARK:
The arsenic content of bronchial mucosa
and submucosa in man. A comparison of
specimens from lung cancer victims and
control tissue.
Brit. J. Cancer 14, 169 (1960)

HOLTZ, F. und B. FLASCHENTRÄGER:
Physiologische Chemie, Bd. 1, S. 241
Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg
(1951)

HÜNI, K. und G. ZANETTI: Über den Einfluß von Arsenverbindungen als
Futterzusatz auf den Arsengehalt von Fleisch
und Leber.
Mitteilung. Lebensmitt. Hyg. 54, 527 (1963)

IONID, N. G. BORS und I. POPA:

Beiträge zur Kenntnis des normalen Arsen-
gehaltes von Nägeln und des Gehaltes in
den Fällen von Arsenpolyneuritis.
Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 52, 90 (1961)

JANULA, J.:

Arzén a Psoriáza.
Česk. Dermatol. 40, 122 (1965)

KEILHOLZ, A.:

Pharm. Weekbl. 58, 1482 (1922)
zit. nach COVELLO (1960)

KERR, K. B., J. W. CAVETT and O. L. THOMPSON:

The toxicity of an organic arsenical,
3-nitro-4-hydroxyphenylarsonic acid.
I. Acute and subacute toxicity.
Toxicol. appl. Pharmacol. 5, 507 (1963)

KINGSLEY, G. R. e R. R. SCHAFFERT:

Anal. Chem. 23, 914 (1951)
zit. nach COVELLO (1960)

KLEPPEL, H. A. and E. P. DUNN:

So-called bleeding ulcer proving to
result from arsenci poisoning.
New York State J. Med. 63, 719 (1963)

KOELSCH, F.:

Die medlepflichtigen Berufskrankheiten.
Urban & Schwarzenberg-Verlag, München-
Berlin (1952)

- KOELSCH, F.: Die beruflichen Arseneschäden im Weinbau und in den gewerblichen Betrieben.
Internat. Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg.
16, 405 (1958 a)
- KOELSCH, F.: Der Arsenkrebs.
Zentralblatt Arbeitsmed. Arbeitsschutz
8, 131 (1958 b)
- KOELSCH, F.: Der Arsenkrebs.
Zentralblatt Arbeitsmed. Arbeitsschutz
8, 161 (1958 c)
- KOHN-ABREST, E.: Bull. Soc. Chim. Fr. 37, 773 (1925)
zit. nach COVELLO (1960)
- KÜNKELE, F.: Chem. Ztg. 64, 29 (1940)
zit. nach COVELLO (1960)
- LANG, K.: Die Spurenelemente und ihre Bedeutung für den Menschen.
Ärztl. Akad. 3, 854 (1949)
- LANG, K.: Pharm. Industrie 9, 73 (1942)
zit. nach OBERSTE-LEHN und PRIBILLA (1956)
- MANZARIO, L. and E. E. TELLO: Urinary elimination of arsenic in normal individuals and in (individuals with) chronic endemic regional arsenicism.
Rev. Fac. cien. méd. 13, 133 (1956)

MARSH, J.: zit. nach BUCHANAN (1962)

MARSHALL, S. P., F. W. HAYWARD and W. R. MEAGHER:

Effects of feeding arsenic and lead upon
their secretion in milk.

J. Dairy Sci. 46, 580. (1963)

MASEK, J., k. HAIS, T. MEDEK a R. Svobodá:

Arzén v popílcích a mléce dojníc v
oblasti ostravská.

Cesk. Hyg. 10, 497 (1965)

MATTICE, M. R. and D. WEISMAN:

Urinary Excretion of arsenic.

Am J. M. Sc. 193, 413 (1937)

MIKLOVICH, N.:

Über die Beurteilung des Fleisches von
arsenvergifteten Rindern.

Acta Vet. Acad. Sci. Hung. 15, 111 (1965)

MIRANA-NIEVES, G. et JANSSEN: Encéphalopathie oedémateuse brutale dans
une trypanosomiase guérie. Episode
hétéroallergique postarsenical tardif?
Acta Neurol. Belg. 65, 368 (1965)

MOESCHLIN, S. 1

Klinik und Therapie der Vergiftungen.
4. Aufl., S. 172

Georg Thieme-Verlag, Stuttgart (1964)

- MONIER-WILLIAMS, G. W.: Trace elements in food.
New York, John Wiley & Sons, Inc. (1949)
- MOREHOUSE: zit. nach KERR, CAVETT and THOMPSON (1963)
- MUELLER, B.: Gerichtliche Medizin.
Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-
Heidelberg (1953)
- MYERS and CORNWALL: zit. nach COVELLO (1960)
- NIXON, G. S. and H. SMITH: Estimation of arsenic in teeth by
activation analysis.
J. Dent. Res. 39, 514 (1960)
- OBERSTE-LEHN, H. und O. PRIBILLA: Untersuchungen über den Arsengehalt der
Haut nach Spirotrypan- und Salvarsan-
kuren, mit einem Beitrag zum Problem der
Arsenobenzolerythrodermien.
Arch. Klin. Exp. Dermatol. 203, 330 (1956)
- OSTERTAG, R.: Lehrbuch der Schlachtvieh- und Fleisch-
beschau.
Thieme-Verlag, Stuttgart (1932)
- PERROT, L. et H. GARDERE: Traitement d'une intoxication arsenicale
par la pénicilline.
Thérapie 14, 910 (1959)

- PETZOLDT, D.: Stellung und Wert der Arsenbehandlung aus dermatologischer Sicht.
Dtsch. Med. Wschr. 91, 909 (1966)
- PINTO, S. S. and C. M. Mc GILL: Arsenic trioxide exposure in industry.
Indust. Med. 22, 281 (1953)
- PINTO, S. S., TACOMA, WASH and BENNET: Effect of arsenic trioxide exposure on mortality.
Arch. Environm. Hlth. (Chicago) 7, 583 (1963)
- PLANQUES, J., V. BRUSTIER, P. BOURBON, G. PITET et G. BROUSSY: Contribution à l'étude de la répartition de l'arsenic dans l'organisme humain au cours d'une intoxication chronique collective.
Ann. Med. Leg. 40, 509 (1960)
- "Queries and Minor Notes": zit. nach SCHRENK and SCHREIBER (1958)
- REINSCH: zit. nach COPEMAN and BODENSTEIN (1955)
- RENGEI, B.: Gyors arsenmeghatározás hajban és körömében.
Kisérlet. Orvostud. 11, 545 (1959)
- REUTER, F., H. LIEB und G. WEYRICH: Gifte und Vergiftungen in der gerichtlichen Medizin.
Urban & Schwarzenberg-Verlag, Berlin-Wien (1938)

SATTERLEE, H. S. and G. BLODGETT:

Ultramicrodetermination of arsenic by
Gutzeit spot-filtration under vacuum:
rapid technique employing photometric
calibration and permanent photographic
standards.
Indust. and Eng. Chem. 16, 400 (1944)

SATTERLEE, H. S.:

The problem of arsenic in american cigarette
tobacco.
New England J. Med. 254, 1149 (1956)

SATTERLEE, H. S.:

Sources of error in microdetermination of
arsenic. Conditions which hinder studies of
arsenic in the atmospheric environment.
A. M. A. Arch. Industr. Hlth. (Chicago)
17, 218 (1958)

SATTERLEE, H. S.:

The arsenic-poisoning epidemic of 1900. Its
relation to lung cancer in 1960 - an exercise
in retrospective epidemiology.
New England J. Med. 263, 676 (1960)

SCHAEFER, G. F.:

Ann. Chim. anal. 12, 52 (1907)
zit. nach COVELLO (1960)

SHELLNER, H. und A. DAIGELER:

Dtsch. tierärztl. Wochr. 431 (1955)
zit. nach MIKLOVICH (1965)

SCHÖNBERG, F.:

Arch. Lebensmittelhyg. 11, 59 (1960)
zit. nach MIKLOVICH (1965)

SCHRENK, H. H. and L. SCHREIBEIS:

Urinary arsenic levels as an index of
industrial exposure.
Amer. Industr. Hyg. Assoc. J. (Chicago)
19, 225 (1958)

SCHROEDER, H. A. and J. J. BALASSA:

Abnormal trace metals in man: arsenic.
J. Chron. Dis. 19, 85 (1966)

SCHWARZ:

zit. nach KOELSCH (1958 b)

SEIFERT, P. und R. BROSSMER: Arch. exptl. Pathol. Pharmacol. 214, 121 (1952)
zit. nach THOMA, SCHÖNTAG und KUCHINKE (1955)

SEIFERT, P.:

Arsenbefunde bei klinisch-manifesten Arsen-
Vergiftungen.
Dtsch. Med. Wschr. 79, 1122 (1954)

SEKI, S.:

The arsenic content of blood as related
to obstetrics and gynecology: I. Does
blood arsenic content increase in times of
menstruation, pregnancy and cancer.
Igaku to Seibutsugaku (Med. & Biol.)
16, 14 (1950)

SMALES, A. A. and B. D. PATE: The Analyst 77, 196 (1952)
zit. nach SMITH (1962)

SMITH, H.:

Estimation of arsenic in biological tissue
by activation analysis.
J. Forens. Med. 8, 165 (1961)

- SMITH, H.: Arsenic in biological tissue. Its estimation by activation analysis: Part. 2.
J. Forens. Med. 9, 143 (1962)
- SMITH, H.: The interpretation of the arsenic content of human hair.
J. Forens. Sci. Soc. 4, 192 (1964)
- STEINBRÜCK, R.: Pharm. Ztg. 79, 702 (1938)
zit. nach COVELLO (1960)
- SULA, J. a V. ZELENKOVA: Onkologia (Czechoslovakia) 2, 317
zit. nach BAILEY (1957)
- SZEP, O.: Z. Physiol. Chem. 267, 29 (1940)
zit. nach SMITH (1962)
- TAEGER und GUNTHER: zit. nach COVELLO (1960)
- THOMA, K., A. SCHÖNTAG und E. KUCHINKE:
Der mikrochemische Arsennachweis und seine Brauchbarkeit zur Identifizierung von Menstruationsblut.
Arch. exptl. Pathol. Pharmacol. 226, 255 (1955)
- THOMPSON, T. A. and R. J. MARSHALL:
Hypersensitivity reaction from acetarsol pessaries.
J. Obstet. Gynaecol. 65, 475 (1958)

- UNDERWOOD, E. J.: Trace elements in human and animal nutrition.
New York, Academic Press, Inc. (1956)
- VALLEE, B. I., D. D. ULMER and W. E. C. WACKER:
Arsenic toxicology and biochemistry.
A. M. A. Arch. Industr. Hlth. 21, 132 (1960)
- Van ITALLIE, L. & J. J. Van ECK:
Arch. Pharm. 251, 50 (1913)
zit. nach COVELLO (1960)
- VANOSSY & BALOGY: zit. nach Covello (1960)
- VASAK, V. and V. SEDIVEC: Chem. Listy 46, 341 & 1952)
zit. nach BAILEY (1956)
- VÖLKER, R. und E. FRÖHNER: Lehrbuch der Toxikologie für Tierärzte.
Georg Thieme-Verlag, Stuttgart (1950)
- VOIGT, O.: Inaug. Diss. Leipzig (1960)
zit. nach MIKLOVICH (1965)
- VOIGT, O. und LEISTNER, W.: Fleischwirtschaft 13, 1027 (1961)
zit. nach Miklovich (1965)
- WATROUS, R. M. and M. J. Mc CAUGHEY:
Occupational exposure to arsenic- in the
manufacture of arsphenamine and related
compounds.
Ind. Med. 14, 639 (1945)

- WEBSTER, S. H.: The lead and arsenic content of urines from 46 persons with no known exposure to lead or arsenic.
U. S. Public. Hlth. Rep. 56, 1953 (1941)
- WHITE, A.: zit. nach THOMPSON and MARSHALL (1958)
- WÜHRER, J.: Biochem. Z. 294, 401 (1937)
zit. nach COVELLO (1960)
- YOUNG and RICE: zit. nach COVELLO (1960)

Herrn Prof. Dr. Dr. E. Weinig möchte ich für die freundliche Unterstützung und die Möglichkeit, im gerichtsmedizinischen Institut zu arbeiten, meinen besten Dank aussprechen.

Besonders herzlich danke ich Frau Priv.-Doz. Dr. Dr. M. Geldmacher-v. Mallinckrodt für die Überlassung des Themas und für Rat, Hilfe und Förderung, mit der sie jederzeit meine Arbeit unterstützte.

Ebenso danke ich den Herren vom Rechenzentrum der Universität Erlangen-Nürnberg, die mir eine exakte und schnelle Umrechnung analytischer Daten ermöglichten.



LEBENS LAUF

Am i. 2. 1943 wurde ich, Gerhard Broda, als Sohn des Hauptschullehrers Wilhelm Broda + und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Bibro, in Mährisch-Ostau (CSSR) geboren. Nach unserer Ausweisung im Sommer 1946 besuchte ich in Burgheim, Kreis Neuburg/Donau, ab 1949 vier Jahre lang die Volksschule und anschließend in Neuburg/Donau das Humanistische Gymnasium, wo ich im Juni 1962 die Reifeprüfung ablegte. Seit dem Wintersemester 1962/63 studierte ich an der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg Medizin und Zahnmedizin, absolvierte im Sommer 1963 die naturwissenschaftliche Vorprüfung in Medizin und im Frühjahr 1965 die ärztliche und die zahnärztliche Vorprüfung.

Während des klinischen Studienabschnittes war ich ein Semester lang an der Universität in Wien, kehrte anschließend nach Erlangen zurück und bestand hier am 24. 7. 1968 das medizinische Staatsexamen. Seit dem Wintersemester 1968/69 bereite ich mich auf das zahnmedizinische Staatsexamen vor.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
